

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

LIBEREC 2010

JANA PICHOVÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ



Studijní program: B3107 Textil

Studijní obor: 3107R007 Textilní marketing

**TEPELNÝ KOMFORT ÚPLETŮ ZE
SPECIÁLNÍCH VLÁKEN ZA VLHKA
A THERMAL COMFORT OF THE WET
KNITTED FABRICS FROM THE SPECIAL
FIBERS**

Jana Pichová

KHT-708

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Luboš Hes, DrSc.

Rozsah práce:

Počet stran textu	59
Počet obrázků	15
Počet tabulek	3
Počet grafů	10
Počet stran příloh	10

Pichová Jana: **Tepelný komfort úpletů ze speciálních vláken za vlhka**

1. Popište stručně složení a vlastnosti speciálních vláken používaných na vysoce funkční úplety na první textilní vrstvu resp. na spodní prádlo.

2. Uveďte přehled termofyziologických vlastností textilií a způsobů jejich hodnocení, včetně vysvětlení základních vztahů. Vysvětlete, proč vlněné textilie a dvojvrstvé textilie s hydrofobní kontaktní vrstvou i ve vlhkém stavu vykazují relativně vysoký tepelný odpor a suchý omak.

3. Zajistěte alespoň 5 druhů vzorků různých úpletů ze speciálních vláken a proměřte jejich tepelný odpor, tepelnou vodivost a tepelný omak, a to při alespoň 5 úrovních vlhkosti vzorku.

4. Naměřené hodnoty použijte k sestavení regresních závislostí tepelných vlastností proměřovaných úpletů na úrovni jejich zavlhčení. Výsledky zobecněte a alespoň u jednoho úpletu porovnejte se subjektivním hodnocením tepelného omaku pomocí alespoň 5 zkušebních osob.

Literatura: Hes L., Sluka P.: Úvod do komfortu textilií. Skriptum TUL-FT, 2005

Kuneš J. a kol. : Tepelné bariéry, Academia 2003

PROHLÁŠENÍ

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

V Liberci dne

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce vznikla pod odborným vedením pana prof. Ing. Luboše Hese, Dr.Sc. Tímto mu velmi děkuji za cenné rady a připomínky. Dále bych ráda poděkovala zaměstnancům Katedry hodnocení textilií za možnost využití laboratorního zařízení. Sledně Funde Büyük děkuji za pomoc v experimentální části.

ANOTACE

Bakalářská práce se zabývá tepelným komfortem úpletů na spodní prádlo ze speciálních vláken. Popisuje způsoby hodnocení komfortu a materiály používané na spodní prádlo. V experimentální části jsou zjišťovány parametry termofyziologického komfortu a vliv vlhkosti na tepelný komfort. Zjištěné hodnoty jsou porovnány se subjektivním hodnocením tepelného omaku. Cílem práce je zhodnotit vhodnost použití vzorků jako spodního prádla, shrnout jejich výhody a nevýhody a porovnat je s míněním hodnotitelů.

KLÍČOVÁ SLOVA:

komfort, tepelný omak, tepelná vodivost, tepelný odpor, tepelná jímavost, spodní prádlo, Alambeta, Permetest

ANNOTATION

This bachelor thesis is focused on thermal comfort of knitwear on underwear from special fibers. Thesis describes evaluation ways of comfort and materials which are used in underwear. In the practical part are detected parameters of thermophysiological comfort and wet influence on fabric thermal comfort. Developed values are compared with a thermal feel subjective classification. The main aim of this thesis is to evaluate propriety using sample as underwear, sum up their advantages and disadvantages and to compare them with evaluators opinion.

KEY WORDS:

comfort, thermal feel, thermal conductivity, thermal resistance, thermal absorbability, underwear, Alambeta, Permetest

Obsah

Úvod	9
1. Teoretická část	11
1.1. Komfort oděvu	11
1.1.1. Psychologický komfort	11
1.1.2. Senzorický komfort.....	12
1.1.3. Patofyziologický komfort	13
1.1.4. Termofyziologický komfort.....	13
1.2. Způsoby hodnocení termofyziologického komfortu textilií:	15
1.2.1. Gravimetrická metoda.....	15
1.2.2. Metoda DREO	15
1.2.3. Potící se torzo.....	16
1.2.4. Tepelný manekýn.....	16
1.2.5. Potící se manekýn	17
1.2.6. Bioklimatické komory	17
1.2.7. Skin model	17
1.2.8. Permetest.....	18
1.2.9. Alambeta	19
1.3. Spodní prádlo	22
1.3.1. Spodní prádlo jako součást systému oděvu	22
1.3.2. Požadavky na spodní prádlo	23
1.3.3. Vlákná používaná na spodní prádlo	24
2. Experimentální část.....	28
2.1. Vzorky	28
2.2. Příprava vzorků.....	34
2.3. Stanovení výparného odporu a paropropustnosti.....	34
2.4. Stanovení tepelného odporu, tepelné jímavosti a tepelné vodivosti ...	36
2.5. Stanovení závislosti parametrů termofyziologického komfortu na množství vlhkosti	40
2.6. Subjektivní hodnocení tepelného omaku	49
2.6.1. Metody a výsledky zpracování dat	49
3. Závěr	55
4. Použité informační zdroje	57
5. Seznam příloh	59

Seznam použitých symbolů

b	tepelná jímavost	$[\text{W m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}]$
λ	měrná tepelná vodivost	$[\text{W m}^{-1}\text{K}^{-1}]$
P_{rel}	relativní propustnost pro vodní páry	$[\%]$
R_{ct}	tepelný odpor	$[\text{m}^2 \text{K/W}]$
R_{et}	výparný odpor	$[\text{m}^2 \text{Pa/W}]$
h	tloušťka materiálu	$[\text{mm}]$
q	tepelný tok	$[\text{W m}^{-2}\text{K}^{-1}]$
q_0	tepelný tok odparu z volné vodní hladiny o průměru vzorku	$[\text{W m}^{-2}\text{K}^{-1}]$
q_v	tepelný tok po zakrytí volné vodní hladiny vzorkem	$[\text{W m}^{-2}\text{K}^{-1}]$
$R_{\text{ct}0}$	konstanta přístroje dle ISO 11092	$[\text{m}^2 \text{K/W}]$
$R_{\text{et}0}$	konstanta přístroje dle ISO 11092	$[\text{m}^2 \text{Pa/W}]$
A	plocha měřicí jednotky dle ISO 11092	$[\text{m}^2]$
T_a	teplota vzduchu ve zkušebním prostoru	$[\text{°C}]$
T_m	teplota měřicí jednotky	$[\text{°C}]$
H	výhřevnost dodávaná měřicí jednotce dle ISO 11092	$[\text{W}]$
ΔH_c	korekce pro výhřevnost při měření tepelné odolnosti dle ISO 11092	$[-]$
ΔH_e	korekce pro výhřevnost u měření výparného odporu dle ISO 11092	$[-]$
p_a	parciální tlak vodní páry ve vzduchu	$[\text{Pa}]$
p_m	nasycený parciální tlak vodní páry	$[\text{Pa}]$

Úvod

Pojem komfort je v běžné komunikaci synonymem pro pohodlí nebo přepych. Stejně pocity očekáváme i při užívání produktů i služeb, označovaných touto vlastností. Produktů označených výrobcí za komfortní můžeme v dnešní době nalézt na trhu nespočetně. Velmi často je tento pojem spojován s bydlením a s oblékáním. Život v přepychu je trendem dnešní doby. A i když mnozí lidé rádi unikají od toho pohodlí do mnohem méně přívětivých prostředí, bývají vybaveni produkty, které se snaží pohodlí zajistit i v těchto podmínkách. Můžeme dokonce říci, že čím vyšší je diskomfort prostředí, tím lepší zajištění komfortu požadujeme od věcí, které nás obklopují. Ať už jde o profesionálního sportovce, turistu nebo pracovníka v nestandardních podmínkách, každý bude do různých podmínek požadovat jiné vlastnosti produktů, které budou zajišťovat jeho komfort a ochranu. Právě zde vzniká potřeba vývoje a poznávání nových materiálů a technologií zajišťujících komfort ve všech specifických prostředích a při specifických činnostech. Není snad činnost, při které by nebyla užívána nějaká textilie, ať se jedná o oblečení, spacáky, stany, lana, padáky a nespočet dalších textilních produktů, na které jsou vyvíjeny nároky spojené se speciálními vlastnostmi nebo s komfortem. [1]

Vývoj a poznávání materiálů zajišťujících komfort je v dnešní době velmi důležitý. Proto jsem se rozhodla zaměřit svoji bakalářskou práci právě tímto směrem. Práce má za úkol zjistit a zhodnotit parametry termofyziologického komfortu u nových vzorků plošných textilií určených na spodní prádlo. V teoretické části jsou nejdříve stručně popsány jednotlivé složky oděvního komfortu. Podrobněji rozebrán je komfort termofyziologický, parametry, které ho ovlivňují, a různé metody jejich zjišťování. Termofyziologický komfort a jeho parametry nejsou ovlivněny subjektivními podmínkami a pocity uživatele v takové míře jako jiné složky komfortu. Proto je jeho poznávání důležité, protože ho lze ovlivnit už ve fázi výběru vlákenné suroviny a konstrukce materiálu. V druhé teoretické části je nastíněna úloha spodního prádla a popsána některá vlákna používaná na spodní prádlo a jejich vlastnosti, které se vztahují ke komfortu. V praktické části jsou zjišťovány parametry termofyziologického komfortu a jejich změny, které nastanou při zavlhčení spodního prádla. Dále je proveden test subjektivního hodnocení tepelného omaku vzorků, jelikož právě ten

výrazně ovlivňuje zákazníka při výběru spodního prádla. Tepelný omak sice nevypovídá o dalších parametrech termofyziologického komfortu a jejich kvalitě, nicméně je parametrem, který dokáže laik zhodnotit pouhým hmatem.

Cílem práce je zhodnotit kvalitu vzorků z hlediska vhodnosti jejich použití na spodní prádlo. Dále popsat změny termofyziologického komfortu při zavlhčení a vystihnout příčiny těchto změn z hlediska použitého vlákna, konstrukce příze i samotného materiálu. Práce se snaží zjistit, do jaké míry souvisí tepelná jímavost se subjektivním hodnocením tepelného omaku a jakým způsobem ovlivňuje tento tepelný omak výběr spodního prádla běžným uživatelem.

1. Teoretická část

1.1. Komfort oděvu

Definování pojmu komfortu oděvu se v podstatě shoduje s definicí komfortu obecně. Jedná se o pocit pohodlí či pohody uživatele oděvu. Je to tedy stav, kdy lidské smysly hmat, zrak, sluch a čich nezaznamenávají jakékoliv nepříjemné až bolestivé vjemy. V tomto stavu jsou fyziologické funkce organismu v optimu, nepřevládají pocity chladu, ani tepla.

Naopak, pocit chladu nebo tepla, kdy fyziologické funkce nejsou v optimu a okolí včetně oděvu vytváří nepříjemné pocity, se nazývá diskomfortem. Pocity tepla se dostavují v souvislosti s vyšším fyzickým zatížením nebo vlhkým a teplým prostředím. Pocity chladu zase vytváří nižší zatížení a chladné prostředí. [2, 3]

Komfort se dále rozděluje do čtyř skupin:

- Psychologický komfort
- Senzorický komfort
- Patofyziologický komfort
- Termofyziologický komfort

1.1.1. Psychologický komfort

Psychologický komfort zahrnuje velké množství hledisek, která se můžou rozdělit do několika skupin. Jsou to hlediska kulturní, náboženská, ekonomická, historická, skupinová, individuální, sociální a klimatická. Klimatickými hledisky se rozumí to, že tradiční oděv v různých geografických oblastech se přizpůsobil podmínkám v dané oblasti. Takovýto oděv je v dané geografické oblasti považován za normu. Do sociálních hledisek se řadí např. věk, vzdělání nebo postavení ve společnosti. Nízká úroveň termofyziologického komfortu může být dokonce vykompenzována vysokým psychologickým komfortem, způsobeným odlišným oděvem značícím vysoké postavení v určité společenské třídě. Z tohoto důvodu by se neměl psychologický komfort opomíjet. Psychologický komfort tvoří důležitou položku celkového komfortu. Je však značně individuální.[2]

1.1.2. Senzorický komfort

Senzorický komfort tvoří pocity člověka při styku pokožky s první vrstvou oděvu. Tyto pocity nejsou jen příjemné, jako např. pocit hřejivosti, měkkosti, ale též nepříjemné, jako jsou pocity studu, vlhka, škrábání, lepení apod. Dále senzorický komfort jde rozdělit na komfort nošení a na omak.

Komfort nošení ovlivňuje povrchová struktura textilie, rozložení tlaků v oděvním systému a vlastnosti komfortu termofyziologického, tj. schopnost textilie absorbovat a transportovat kapalnou a plynou vlhkost. Dalo by se říci, že komfort nošení tvoří senzorický komfort z dlouhodobého hlediska, při dlouhodobém styku s pokožkou.

Omak textilie ovlivňuje tuhost, tepelný vjem, hladkost a objemnost textilie. Jedná se o pocity při dotyku dlaně a prstů s textilií. Tento aspekt je značně subjektivní. Při manuálním hodnocení textilie jsou vnímány následující charakteristiky omaku v tomto pořadí [2]:

- koeficient tření
- drsnost povrchu
- tloušťka (plošná hmotnost)
- stlačitelnost (plnost)
- tepelný omak
- roztažnost
- ohybová tuhost
- smyková tuhost

1.1.2.1. Tepelný omak

Tepelný omak charakterizuje krátkodobý tepelný pocit při styku pokožky s textilií, např. při oblékání spodního prádla. V poslední době zažívá tepelný omak zvýšený zájem, protože hraje výraznou roli při rozhodování zákazníků o nákupu dané textilie. Veličinou, která objektivně charakterizuje tepelný omak je tepelná jímavost.

Přístroje objektivně hodnotící tepelný omak:

Thermo-Labo

Thermo-Labo byl první přístroj, který byl schopen objektivně hodnotit tepelný omak. K hodnocení bylo použito maximální úrovně kontaktního tepelného toku, q_{\max} [$\text{W m}^{-2}\text{K}^{-1}$]. Měl však několik nevýhod, jako složitost matematického zpracování, které znemožňovaly jeho automatizaci.

Alambeta

Alambeta hodnotí tepelný omak pomocí tepelné jímavosti, b [$\text{W m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$]. Kromě tepelné jímavosti měří i další termofyzikální vlastnosti textilií. Viz. kap. 1.2.9.

1.1.3. Patofyziologický komfort

Patofyziologie je věda, která se zabývá působeními mezi oděvem a organismem. Patofyziologický komfort je dán vzájemným působením mikroorganismů vyskytujících se na pokožce a chemických substancí obsažených v textiliích. Záleží na odolnosti lidské pokožky proti těmto chemickým látkám. Pokud je patologický komfort na nízké úrovni, může dojít k onemocnění kůže. Kožní onemocnění, nebo-li dermatóza může být způsobena buď drážděním nebo alergií. Úroveň patofyziologického komfortu je v poslední době zvyšována pomocí různých úprav, které snižují dráždivost a jsou antimikrobiální. Jedná se o chemické úpravy vláken i tkanin a použití kompozit s baktericidními vlastnostmi.[2]

1.1.4. Termofyziologický komfort

Termofyziologický komfort je stav organismu, kdy jsou termofyziologické funkce na optimální úrovni. Je vnímán jako stav teplotního pohodlí. Termofyziologické funkce organismu jsou v optimu, pokud jsou na optimální úrovni následující oblasti:

- teplota pokožky
- vlhkost pokožky
- obsah CO_2 nad pokožkou ve vzdušné vrstvě

Teplota pokožky

Teplota na různých místech těla není jednotná. Pohybuje se v závislosti na fyziologické zátěži, teplotě okolí a prokrvenosti těla. Teplota tělesného jádra se u zdravých jedinců pohybuje kolem 37°C . Nejlépe prokrvené části těla mají nejvyšší teplotu pokožky $35\text{--}36^\circ\text{C}$, je to hlava, oblast hrudníku a břicha. Periferní části těla mají teplotu $29\text{--}31^\circ\text{C}$. Do této skupiny se řadí nohy a ruce. Nejchladnějšími částmi těla jsou

s teplotou 23-28 °C různá tělní zakončení jako špička nosu a prstů. Každý člověk pociťuje teplotní pohodu na různě odlišné úrovni. Většinou se pohybuje v rozmezí průměrné teploty pokožky 32-34 °C.

Vlhkost pokožky

Pocení je jedním ze způsobů, jak se lidský organismus vyrovnává s teplotními změnami. Množství vylučované vody je závislé na klimatických podmínkách a pracovním zatížení. Při normálním prokrvení organismu k pocení nedochází.

Obsah CO₂ nad pokožkou ve vzdušné vrstvě

Během dýchání pokožky dochází k výměně O₂ a CO₂. Zatímco kyslík vstupuje do organismu a váže se na krev, oxid uhličitý je vylučován a mezi pokožkou a oděvem spoluvytváří specifické klima. Toto mikroklima je tvořeno kromě oxidu uhličitého i vlhkostí a teplotou. [4]

Jako optimální hodnoty pro mikroklima znamenající termofyziologický komfort jsou dány [2]:

- teplota pokožky 33 – 35 °C
- relativní vlhkost vzduchu 50±10%
- rychlost proudění vzduchu 25±10 cm/s
- obsah CO₂ 0,07%
- nepřítomnost vody na pokožce

Tyto optimální hodnoty by měly být dosaženy pomocí správně zkonstruovaného oděvu, který by měl pro specifické klima a zátěž splňovat nároky na přenos tepla, kapalné i plynné vlhkosti a vzduchu. Tohoto přenosu může být dosaženo správně zvolenou vláknennou surovinou, ale i konstrukcí materiálu a samotného oděvu.

Fyzikální vlastnosti textilií, které ovlivňují termofyziologický komfort, zahrnují kombinaci přenosu tepla a hmoty. Tato kombinace je závislá na čase a okolních podmínkách. Pro základní charakteristiku termofyziologického komfortu se používá parametrů výparného a tepelného odporu [5].

1.1.4.1. Výparný odpor

Výparný odpor vypovídá o teplených účincích v důsledku odparu potu. Jeho velikost závisí na vlhkostním gradientu, tj. rozdílu parciálních tlaků vodních par na

povrchu pokožky a ve vnější vrstvě, dále pak na paropropustnosti oděvu pro vodní páry. Takto rozlišujeme celkový výparný odpor oděvu a výparný odpor přilehlé mezní vrstvy vzduchu. Na velikosti těchto parametrů závisí míra ochlazování pomocí odparu.

1.1.4.2. Tepelný odpor

Tepelný odpor je výsledkem kombinace kondukčního (vedení), konvekčního (proudění) a radiačního (záření) tepla. Jeho velikost závisí na tom, do jaké míry každá ze složek přispívá k celkovému přenosu tepla. Rozlišuje se tepelný odpor oděvu a tepelný odpor přilehlé mezní vrstvy. Velikost naměřeného tepelného odporu se může měnit v závislosti na podmínkách při zkoušce.

1.2. Způsoby hodnocení termofyziologického komfortu textilií:

Existuje mnoho metod k hodnocení termofyziologického komfortu. Některé přístroje dokážou změřit tepelný a výparný odpor za podmínek blízkých režimu lidského těla, některé pouze jako fyzikální děj bez vlivu dalších podmínek. Měření, která zohledňují procesy v systému pokožka-oděv-prostředí, jsou věrnější.

Zde jsou stručné charakteristiky metod k měření vlastností termofyziologického komfortu [2].

1.2.1. Gravimetrická metoda

Jedná se o zjišťování relativní paropropustnosti podle normy ČSN 80 0855. Zkouška probíhá v klimatizační skříni, která udržuje teplotu na $20 \pm 2^\circ\text{C}$, relativní vlhkost na $60 \pm 2\%$ a maximální rychlost proudění vzduchu na 0,2 m/s. Kruhový vzorek o daném průměru se upevní na misku se silikagelem, vysoušedlem, které na spodní straně vzorku zajišťuje nulovou relativní vlhkost. Miska se vzorkem se zváží před expozicí (G_0) a po 6 hodinové expozici (G_1). Výsledná relativní paropropustnost se poté vypočte podle vzorce (1):

$$P_{\text{rel}} [\%] = (G_1 - G_0) / G_0 \quad (1)$$

Tato metoda však již nevyhovuje současným požadavkům. Kvůli zdlouhavosti a nepřesnosti způsobené nelineární sorpcí vysoušedla, se od metody upouští.

1.2.2. Metoda DREO

K měření touto metodou se používá tzv. Farnworthova difuzimetru. Vzorek se upevní mezi dvě polopropustné vrstvy. Pod spodní vrstvou je voda a horní je vystavena

proudu vzduchu o rychlosti 1 m/s po dobu 15 min. Úbytek vody v misce je zjišťován pomocí stupnice na skleněné kapiláře. Od této metody je také upouštěno.

1.2.3. Potící se torzo

Jedná se o jednu z novějších metod, která dokáže hodnotit termofyziologický komfort za podmínek blízkých režimu lidského těla. Toto testovací zařízení má tvar válce o rozměrech trupu lidského těla. Jednotlivé vrstvy napodobující vrstvy lidského těla jsou vyrobeny z materiálů o podobné tepelné kapacitě a tepelné vodivosti. Torzo může být ještě naplněno vodou. Torzo je ohříváno na teplotu lidského těla, obsahuje 36 potních trysek a je vystaveno proudu vzduchu o rychlosti 2 m/s. Změny množství odpařené a kondenzované vody je zaznamenáno pomocí vah, na kterých torzo stojí. Vlastní měření trvá 4 hodiny v několika fázích, které napodobují různé zátěže lidského organismu. Vzorky jsou při tom umístěné na povrchu torza.

1.2.4. Tepelný manekýn

Podobně jako potící se torzo, i tepelný manekýn napodobuje některé základní termofyziologické funkce lidského těla. Na rozdíl od torza, tepelný manekýn může být schopen i omezeného pohybu. Manekýn je rozdělen na 17 nezávislých segmentů. Pomocí počítače je na jednotlivých segmentech měřen příkon potřebný k udržení teploty povrchu na 33 °C. Z naměřených hodnot počítač vypočítá tepelný tok probíhající mezi segmenty a okolím. Z tepelného toku lze vypočítat tepelný odpor dle rovnice (2):

$$R_{ct} = (t_s - t_E) / q \quad (2)$$

t_s – teplota pokožky, t_E – teplota okolí

Měření spočívá v tom, že nejprve je změřen tepelný odpor samotného manekýna, bez vlivu oděvu. V dalším kroku se změří odpor manekýna s požadovanou oděvní vrstvou. Rozdíl těchto dvou odporů se potom rovná odporu měřené oděvní vrstvy.

Tepelný manekýn nemusí sloužit jen k simulaci lidského těla při zkoumání komfortu oděvu. Byl využit např. v automobilovém průmyslu při výzkumu ke zlepšení klimatizací, kde pomocí něho byla zjišťována tepelná pohoda pasažérů v automobilu [6].

1.2.5. Potíci se manekýn

Jedná se v podstatě o tepelného manekýna, který navíc umí simulovat i přenosy vlhkosti v systému pokožka-oděv-okolí. Pro svoji vysokou cenu a složitou obsluhu bývá využíván jen zřídka.

1.2.6. Bioklimatické komory

Bioklimatické komory umožňují hodnocení termofyziologického komfortu při různých klimatických podmínkách. Zkoušky se provádí buď na tepelných manekýnech, nebo zkušebních osobách. Tyto komory mají regulovatelné vyhřívání stěn a přívod vzduchu o dané teplotě a vlhkosti.

1.2.7. Skin model

Základem přístroje, označovaném jako „model kůže“, je vyhřívána a zavlhčovaná porézní destička. Takto jsou napodobovány přenosy tepla a hmoty probíhající u lidské pokožky. Měření může zahrnovat jak jeden, tak oba přenosy a může probíhat za stacionárních podmínek nebo za měnících se podmínek, které zahrnují rychlost proudění vzduchu, teploty a vlhkosti. Zjišťování termofyziologického komfortu v ustálených podmínkách je předmětem normy ISO 11092. [5]

1.2.7.1. Tepelný odpor podle ISO 11092

Vzorek se umístí na vyhřívanou destičku na teplotu 35°C, která je obtékána paralelním proudem vzduchu o teplotě 20 °C a rychlosti 1 m/s. Po dosažení ustálených podmínek se měří tok tepla proudící vzorkem. Tepelná odolnost je stanovena tak, že tepelný odpor mezní vrstvy nad povrchem zařízení se odečte od odporu vzorku a vzduchové vrstvy. Tepelná odolnost je aritmetickým průměrem všech měření a je stanovena rovnicí (3):

$$R_{ct} = \frac{T_m - T_a}{H - \Delta H_c} - R_{ct0} \quad (3)$$

1.2.7.2. Výparný odpor podle ISO 11092

Na povrch měřicí jednotky je nutno připevnit celofánovou membránu propouštějící vodní páry ale nepropouštějící vodu. Destička je vyhřívána na teplotu 35 °C. Proudící vzduch o rychlosti 1 m/s má teplotu 35 °C. Celofánová membrána zajišťuje průchod vodní páry, čímž se zkoušený vzorek nedostane do kontaktu s vodou. Odpar je přímo úměrný propustnosti textilie pro páru. V jeho důsledku se snižuje teplota desky. Tudíž tepelný příkon, který má zajišťovat stálou teplotu je mírou propustnosti textilie

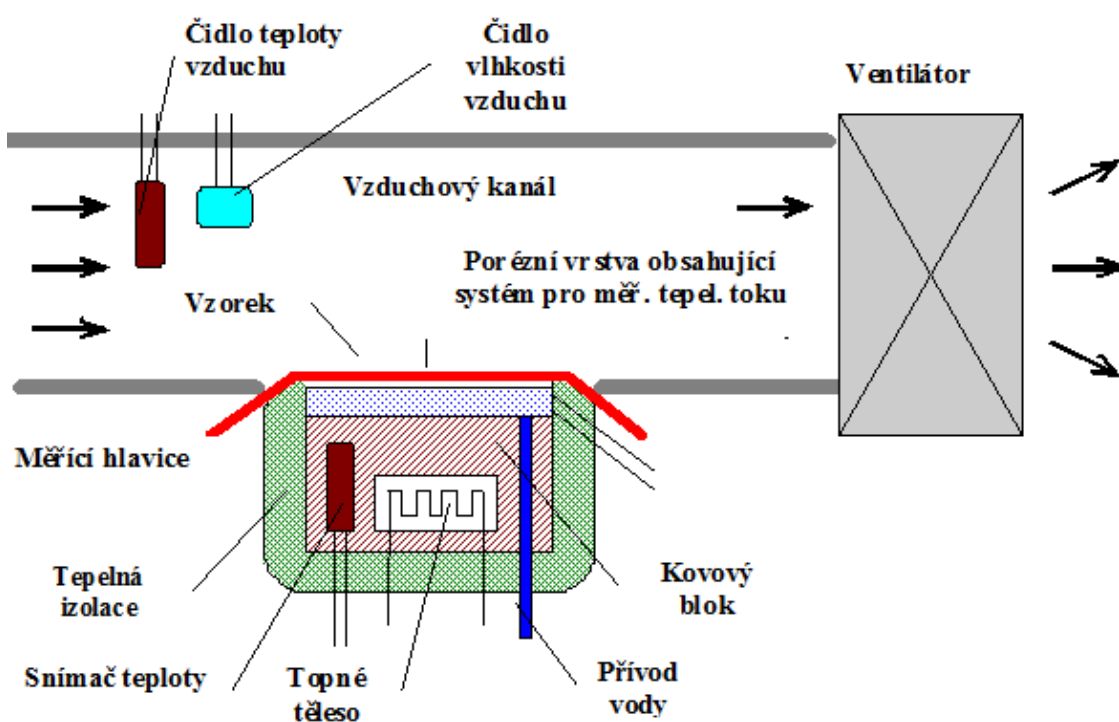
pro páru. Výparný odpor se zjistí jako aritmetický průměr výparných odporů vypočítaných podle rovnice (4):

$$R_{st} = \frac{(p_m - p_a)A}{H - \Delta H_g} \quad (4)$$

Nevýhodou skin modelu je vysoká tepelná setrvačnost zařízení, která velmi prodlužuje dobu měření až na hodinu a může mít za následek zkreslení výsledků.

1.2.8. Permetest

Přístroj Permetest je ve své podstatě skin model malých rozměrů, není však tolik nákladný a měření trvá až 10x kratší dobu. Tento poloautomatický přístroj slouží k určení tepelného a výparného odporu textilií a relativní propustnosti textilií pro vodní páru, případně sledování dynamiky přenosových jevů. Jeho schéma je na obr. 1.



Obr. 1: Schéma přístroje Permetest dle [2]

Podstata zkoušky spočívá v měření tepelného toku proudícího modelem lidské pokožky, který je porézní a zvlhčován, čímž se simuluje pocení. Vzorek je položen na povrchu přes separační fólii a je ofukován. Při měření výparného odporu a paropropustnosti je měřicí hlavička udržována na teplotě okolního vzduchu 20-23 °C.

Výparný tepelný tok snímáný při měření je přímo úměrný paropropustnosti a nepřímo úměrný výparnému odporu. Vždy je nutno provést nejprve měření bez vzorku a poté se vzorkem. Při měření tepelného odporu je měřicí hlavice suchá a udržuje se na teplotě o 10-20 °C vyšší, než je teplota okolního vzduchu. Přístroj měří tepelný tok odváděný konvekcí do okolního vzduchu [7].

1.2.8.1. Relativní paropropustnost

Relativní propustnost pro vodní páry je nenormalizovaný parametr. 100% paropropustnost představuje tepelný tok odparu z volné vodní hladiny o průměru, jako má měřený vzorek. Překrytím hladiny vzorkem se tepelný tok sníží. Paropropustnost se potom zjistí podle vztahu (5):

$$P_{rel} = 100 \left(\frac{q_v}{q_0} \right) [\%] \quad (5)$$

1.2.8.2. Výparný odpor

Z relativní vlhkosti vzduchu a jeho teploty je určen parciální tlak vodní páry ve vzduchu. Parciální tlak nasycené páry je funkcí teploty vzduchu. Výparný odpor se zjistí podle vztahu (6):

$$R_{et} = (P_m - P_a) (q_v^{-1} - q_o^{-1}) \quad (6)$$

1.2.8.3. Tepelný odpor

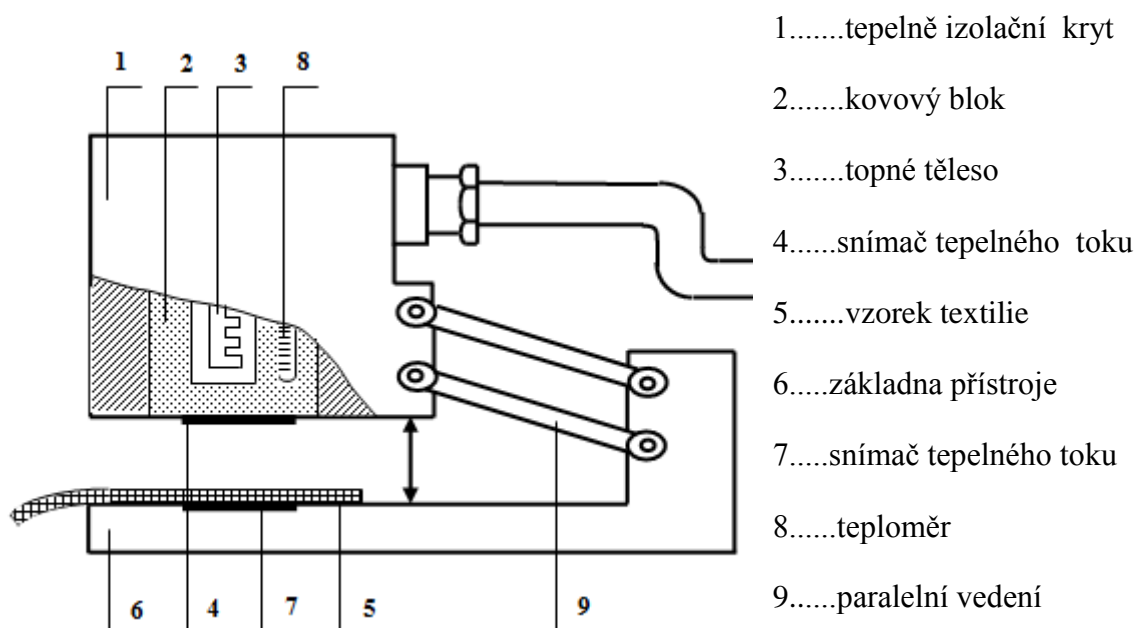
Tepelný odpor je odporem proti prostupu tepla vzorkem při teplotě T_m jedné jeho strany a při přenosu tepla konvekcí z jeho druhé strany do vzduchu o teplotě T_a . Tepelný odpor vnější mezní vrstvy se odečítá. Platí následující vzorec (7):

$$R_{ct} = (T_m - T_a) (q_v^{-1} - q_o^{-1}) \quad (7)$$

Tato metoda zjišťování tepelného odporu vyhovuje normě ISO 11092, nicméně je nepřesná, protože odečítá tepelný odpor pro hladký měřicí povrch, ale povrch skutečné textilie je drsný.

1.2.9. Alambeta

Alambeta je poloautomatický přístroj, který je kromě měření některých termofyzikálních parametrů textilií schopen i jejich statistického vyhodnocení. Přístroj simuluje reálné podmínky tím, že měřicí hlavice je zahřátá na průměrnou teplotu lidské pokožky 32 °C, zatímco vzorek je udržován na teplotě 22 °C. Schéma přístroje je na obr. 2.



Obr. 2: Schéma přístroje Alambeta dle [2]

Jakmile je měření zahájeno, měřící hlavice poklesne na vzorek a je měřen probíhající tepelný tok. Mezitím fotoelektrický senzor měří tloušťku vzorku. V jedné měřící operaci, která trvá maximálně několik minut, jsou změřeny všechny následující parametry [8]:

1.2.9.1. Tloušťka materiálu

Tloušťka materiálu h [mm] je snímána fotoelektrickým senzorem během měřícího procesu.

1.2.9.2. Měrná tepelná vodivost

Měrná tepelná vodivost λ [$\text{W m}^{-1}\text{K}^{-1}$] je rovna množství tepla, které proteče jednotkou délky za jednotku času a vytvoří rozdíl teplot 1 K. Tento parametr s rostoucí teplotou klesá. Hodnota udávaná přístrojem se musí vydělit 10^3 .

1.2.9.3. Plošný odpor vedení tepla

Hodnotu tepelného odporu z přístroje Alambeta je nutno vydělit 10^3 . Platí, že čím nižší je tepelná vodivost, tím vyšší je tepelný odpor dle (8):

$$R_{ct} = \frac{h}{\lambda} \quad (8)$$

1.2.9.4. Tepelný tok

Tepelný tok q [$\text{W m}^{-2}\text{K}^{-1}$] je množství tepla, které se šíří z hlavy přístroje do textilie za jednotku času.

1.2.9.5. Měrná teplotní vodivost

Čím je hodnota měrné teplotní vodivosti (a) vyšší, tím rychleji textilie vyrovnává teplotní rozdíly při nestacionárním procesu. Platí, že (9):

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho} [\text{m}^2\text{s}^{-1}] \quad (9)$$

1.2.9.6. Měrná tepelná kapacita

Tato veličina představuje množství tepla potřebného k ohřátí 1 kg textilie (Q) o 1 K (t). Čím je vyšší teplota, tím je vyšší. Hodnota udávaná Alambetou se musí vydělit 10^6 . Platí (10):

$$\rho c = \frac{\Delta Q}{\Delta t} [\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}] \quad (10)$$

1.2.9.7. Tepelná jímavost

Tento parametr charakterizuje tepelný omak textilií. Tepelná jímavost je rovna množství tepla, které proteče jednotkou plochy za jednotku času při rozdílu teplot 1 K. Platí vztah (11):

$$b = \sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot c} [\text{W m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}] \quad (11)$$

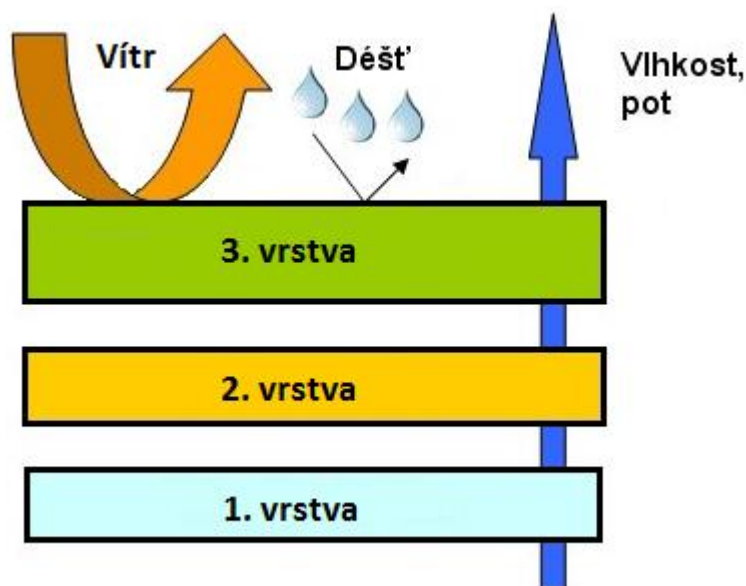
Čím vyšší je hodnota tepelné jímavosti, tím chladnější je textilie na omak. Hodnoty tepelných jímavostí u suchých textilií se běžně pohybují od 20 do 300. Ve vlhkém stavu jsou však naměřené hodnoty u běžných textilií vyšší než 750. Maximální hodnota, které lze dosáhnout u textilií pokrytých souvislou vrstvou vody je 1600. Výhodou měření tepelné jímavosti vlhkých textilií pomocí přístroje Alambeta je, že měření trvá velmi krátkou dobu, tudíž výsledky nemohou být zkresleny odparem vlhkosti ze vzorku. [2]

Nižších hodnot je dosaženo u materiálů s vlasem, vyšších u hladkých povrchů. Tepelnou jímavost tedy lze ovlivnit vhodnou finální úpravou. Nezáleží však jen na struktuře materiálu, ale také na jeho složení. Vlákná s vyšší rovnovážnou vlhkostí vykazují chladnější omak.

1.3. Spodní prádlo

1.3.1. Spodní prádlo jako součást systému oděvu

Systémem oděvu se rozumí všechny oděvní vrstvy, které se současně vyskytují na lidském těle. Jestliže je vyžadován od oděvu komfort, musí komfortní parametry splňovat oděvní systém jako celek. V teplém letním počasí v našich klimatických podmínkách je oblékána jedna vrstva oděvu (tílko, triko). Takový oděv ve velké míře nebrání splnění parametrů komfortu. Při vhodné volbě materiálu nezabraňuje odvodu vodních par od těla ani nezadržuje příliš vlhkosti uvnitř textilie. Do chladnějšího, nepříznivého počasí je však oblékáno více vrstev na sobě. Tyto vrstvy vzájemně omezují prostup vodních par. Pro správnou funkci oděvního systému je potřeba, aby jednotlivé vrstvy „spolupracovaly“. Doporučuje se dodržení třívrstvého systému oblečení viz. obr. 3. [3]



Obr. 3: Funkce třívrstvého systému oděvu dle [9]

První vrstva (spodní prádlo) má za úkol odvádět vlhkost od těla do dalších vrstev. Jelikož se dotýká přímo těla, měla by mít omak, který je nositeli příjemný. V zimním období je vhodnější použití prádla s vyšší hřejivostí, tedy vyšším tepelným odporem. V letním podnebí je především na sport vyžadováno chladivější prádlo. Při zvýšeném pocení je to právě prádlo, které jako první následkem vlhkosti změní funkční vlastnosti a tím ovlivní mnoho oblastí komfortu.

Druhá vrstva oděvu by měla sloužit jako termoizolace. Přitom ale musí zajišťovat dostatečnou paropropustnost, aby byl zajištěn odvod vlhkosti dále od těla.

Třetí, poslední, vrstva je ochrannou vrstvou do nepříznivého počasí. Měla by zajistit ochranu před větrem a vlhkostí z okolního prostředí, avšak zajišťovat co největší paropropustnost, čímž je dokončen transport vlhkosti do okolního prostředí. [9]

Všechny vrstvy od první až po poslední by proto měly spolupracovat na transportu vlhkosti a dohromady zajišťovat potřebný termofyziologický komfort. Přitom právě první vrstva oděvu bývá nejvíce podceňována. Použitím nesprávného spodního prádla zejména při zvýšené námaze a pocení se výrazně omezí funkční vlastnosti ostatních vrstev oděvu, i kdyby tyto vrstvy samy o sobě zajišťovaly výborný termofyziologický komfort.

Počet vrstev oblečení se mění v závislosti na klimatických podmínkách. Do extrémních podmínek se doporučuje použití i pěti vrstev oblečení. Vzduch obsažený mezi jednotlivými vrstvami totiž zvyšuje tepelný odpor oděvu. Navíc lze jednotlivé vrstvy oděvu při změnách počasí jednoduše svlékat a oblékat [2].

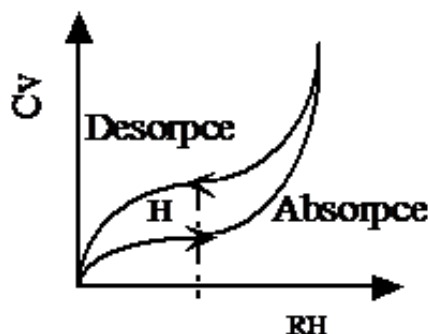
1.3.2. Požadavky na spodní prádlo

Aby spodní prádlo splňovalo požadavky komfortu na něj kladené, musí dosahovat co nejlepších výsledků v parametrech tepelného odporu, výparného odporu či paropropustnosti a v neposlední řadě také tepelné jímavosti čili tepelného omaku. Tyto vlastnosti by však měly zůstat na dobré úrovni i při zavlhčení.

Pro správnou funkci spodního prádla je zapotřebí, aby se oděv přímo dotýkal pokožky, jinak by v dostatečné míře nemohl zajistit odvod vlhkosti od těla. Tomuto požadavku vyhovují spíše pleteniny a to jak zátažné tak osnovní. Pletené textilie umožňují, díky své pružnosti, konstrukci oděvů, které přiléhají na tělo a zajišťují tak správnou funkci oděvu. Zároveň také umožňují výrobu oděvů bez švů, což také napomáhá zvyšování komfortu. Otevřená struktura pletenin umožňuje dosažení vysokých stupňů paropropustnosti. Tepelná jímavost závisí na druhu použitých vláken. Ovlivnit lze také povrchovými úpravami a konstrukcí přízí i pleteniny. Na spodní prádlo s požadavkem nízké tepelné jímavosti, tedy teplého omaku, bude vhodnější použití materiálu s počesaným povrchem nebo s odstávajícími konci vláken. [3]

1.3.3. Vlákná používaná na spodní prádlo

Teplejšího omaku textilie se dosahuje použitím vláken s nižším procentem přirozené vlhkosti ve vlákne. Tento obsah vlhkosti je zjišťován pomocí kinetických experimentů, které sledují závislost koncentrace vodních par ve vlákne na čase při konstantní relativní vlhkosti. Proces absorpce (vlhčení) a desorpce (sušení) vlákna lze pak znázornit tzv. sorpční izotermou na obr. 4. Rozdíl mezi absorpční a desorpční izotermou se nazývá hystereze (H).



Obr. 4: Sorpční izoterma dle [10]

Větší hysterezi mívají hydrofilní vlákna, zatímco u hydrofobních vláken je nízká. Hydrofilní vlákna bývají vlákna přírodní, mají vyšší schopnost absorbovat vodu a vázat ji k vláknu. To způsobuje, že špatně schnou. Mokrě navíc způsobují pocit chladu. Jejich použití do spodního prádla je omezené. Hydrofobní vlákna nevytváří tak silnou vazbu vlhkosti k vláknu. Dokážou přenášet vlhkost od těla pomocí tzv. kapilárních sil. Na povrchu textilie se může vlhkost snáze odpařit. Vlhkost tedy nezůstává v textili a nevzniká tím nechtěný diskomfort.

Vlákný používanými na funkční spodní prádlo je většina běžně používaných syntetických vláken a v omezené míře některá vlákna přírodní. Jejich speciálnost poté spočívá v samotné konstrukci textilie a povrchové úpravě. Dále se používají vlákna speciální, která sama o sobě zajišťují vysoký stupeň komfortu. Bývají to různé modifikace předchozích vláken, které jsou známé pod různými obchodními názvy. Nejčastější úpravou bývá profilování vláken, které dokáže výrazně změnit původní vlastnosti i napodobit vlákna přírodní. [10]

1.3.3.1. Druhy vláken, jejich použití a některé modifikace:

Bavlna

Toto vlákno rostlinného původu je značně hydrofilní. Rovnovážná vlhkost při 65% relativní vlhkosti se pohybuje kolem 7,5%. I když je toto přírodní vlákno obecně

spojováno s komfortem, pro výrobu speciálního spodního prádla není příliš vhodné. S úspěchem je bavlněné vlákno používáno jako hydrofilní vrstva do dvouvrstvých pletenin. Princip dvouvrstvých pletenin spočívá v použití hydrofobního vlákna na vnitřní vrstvu, která zajišťuje při kontaktu s pokožkou suchý omak. Jako vnější vrstva je použito hydrofilního vlákna, které vlhkost odvedenou od těla akumuluje. Efekt sání může být zesílen použitím vazných smyček z hydrofilního vlákna jako sacích knotů. Tyto pleteniny jsou používány při výrobě ponožek. [2, 10]

Ovčí vlna

Ovčí vlna má velmi vysokou rovnovážnou vlhkost. Při 65% relativní vlhkosti dosahuje vlhkost vlákna až 15%. Ačkoli dokáže vlněné vlákno pojmout takto obrovské množství vlhkosti, díky odstávajícím šupinkám na povrchu zůstává tepelný omak příznivý, naměřená tepelná jímavost je nízká. Odstávající šupinky jsou totiž pokryty tuky, takže i při vysokém zavlhčení vnitřku vlákna šupinky na povrchu zůstávají suché, takže je i suchý omak. Vlna se používá zejména tam, kde je požadována vyšší hřejivost. Vhodná je její kombinace s jinými hydrofobními vlákny, např. s polyesterem. Vhodné je použití této kombinace do dvouvrstvých úpletů. Jako hydrofilní vnější vrstva se používá např. jemná vlna merino. [10]

Polyester

Polyesterové vlákno je jedním z nejčastěji používaných vláken vůbec. Má velmi nízkou navlhavost. Ta se pohybuje od 0,3-0,5 % ve standardních podmínkách 65% relativní vlhkosti vzduchu. Tepelná vodivost tohoto vlákna je nízká. Polyesterové vlákno má řadu výhodných vlastností jako je odolnost v oděru, snadná údržba a rychlé schnutí. Největší nevýhodou tohoto vlákna je vysoká žmolkovitost. S oblibou se používá do směsí s vlnou, bavlnou, aj. Pokud je požadováno, aby vlastnosti směsi ovlivňovala druhá složka, zvolí se obsah polyesterových vláken pod 50%. Lze ho využít jako hydrofobní kontaktní vrstvy v dvouvrstvých pleteninách v kombinaci např. s merinovou vlnou. [10, 11]

Jedním z nejznámějších vysocefunkčních polyesterových vláken je COOLMAXové vlákno firmy Dupont. Toto vlákno je profilované do takového tvaru, který díky čtyřem kanálkům na povrchu vytváří tzv. knotový efekt viz. obr. 5.



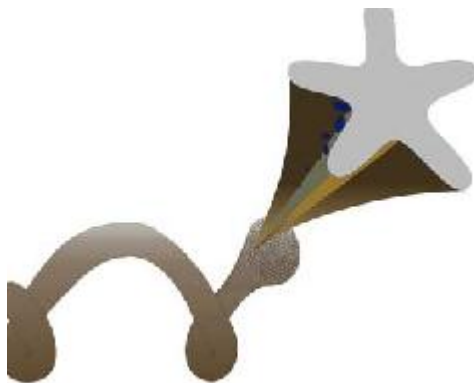
Obr. 5: Profil vlákna COOLMAX dle [12]

Efekt spočívá v tom, že díky nízkým adhezním silám vody s vláknem a speciálnímu profilu vlákna vlhkost vzlíná kapilárními cestami do všech stran. Jedna kapka vody se tak rozšíří do kruhu o průměru 50 mm, zatímco u bavlněného vlákna by bylo dosaženo kruhu o průměru 20 mm. Snížení místního zatížení textilie se projeví v nepřítomnosti diskomfortního omaku. Navíc polyesterové vlákno velmi rychle schne. [2]

Polypropylen

Toto syntetické vlákno má nízkou tepelnou vodivost, je odolné v oděru a má velmi nízké procento přirozené vlhkosti. Ve standardních podmínkách je to 0-0,005%. Nevýhodou polypropylenu bývá nepříjemný omak. Polypropylen se využívá jako hydrofobní kontaktní vrstva do dvouvrstvých pletenin v kombinaci s bavlnou.[10]

Z polypropylenu vyrábí firma Moira vysoce funkční vlákno TG 900 na obr. 6. Toto profilované vlákno má pět laloků, které zajišťují podobný efekt jako výše uvedené COOLMAXové vlákno. [2]



Obr. 6: Profil vlákna TG 900 dle [2]

Polyamid

Polyamidová vlákna existují v mnoha variantách. Nejznámější jsou typy polyamid 6 a 6.6. Rozdíl mezi nimi spočívá v molekulové struktuře a následně v některých vlastnostech. Jejich přirozená vlhkost se pohybuje mezi 3,5-4,5 %, může však být i 1,2% v závislosti na typu polyamidu. Nejrozšířenějším je polyamid 6.6, který má na rozdíl od polyamidu 6 vyšší tepelnou odolnost a trvanlivost. Polyamid se často používá ve směsích s vlnou nebo viskózou. Použití polyamidu je časté v punčochových výrobcích, dámském spodním prádle i sportovním prádle. [10, 11]

Polyuretan

Tento elastomer se používá do různých elastických sportovních úpletů i strečových tkanin. Známé jsou jeho různé typy pod různými obchodními názvy. Vzhledem k tomu, že bývá obsažen pouze v malém množství, výrazně neovlivňuje vlastnosti textilie. Ovlivňuje spíše její kompaktnost, tedy plošnou hmotnost. [11]

Polyakrylonitril

Akrylová vlákna mají vlastnosti velmi podobné s vlnou, proto se také často do směsí s vlnou používají. Mají nízkou sorpci kolem 1%, příjemný omak, ale nižší odolnost v oděru a vyšší žmolovitost. Často se používají do pletacích přízí, ale také do ponožkového zboží a jiných pletených výrobků. [10, 11]

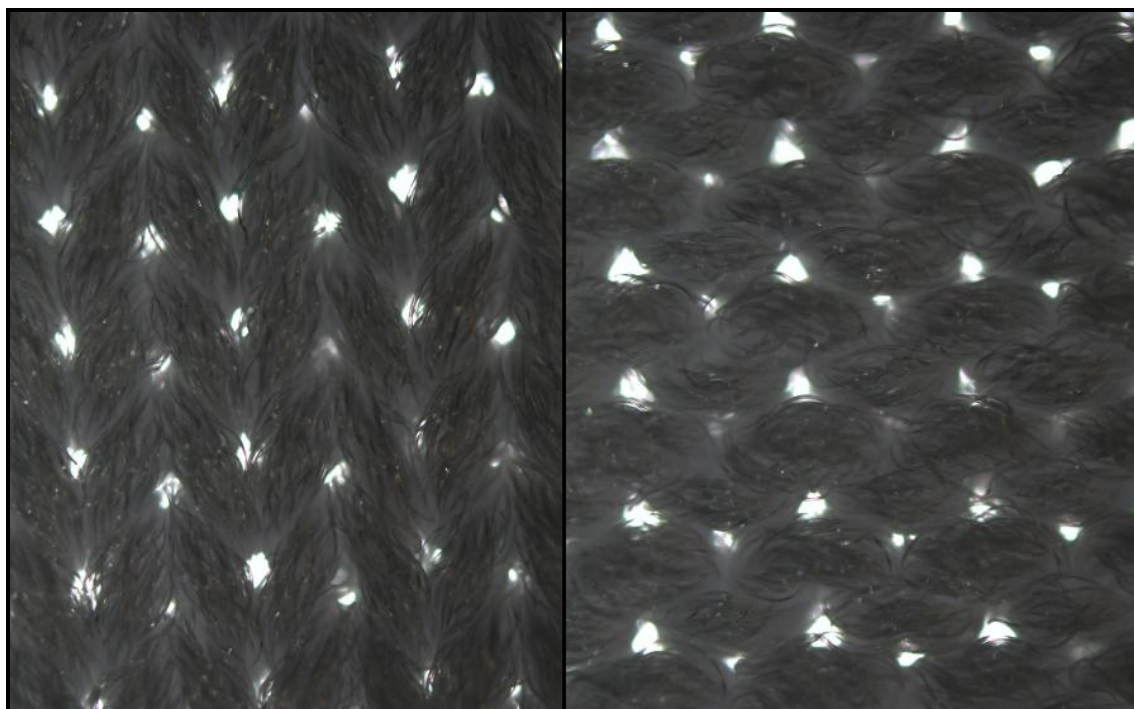
2. Experimentální část

2.1. Vzorky

Měřené vzorky pochází s Hongkongu, Taiwanu a Anglie. Jedná se o zátažné i osnovní pleteniny o nižší plošné hmotnosti. Vzorky jsou materiálovým složením, konstrukcí i plošnou hmotností různorodé tak, aby poskytly možnost porovnání vlivu různých faktorů na parametry termofyziologického komfortu a tepelný omak.

Vzorek 1 – Polyester

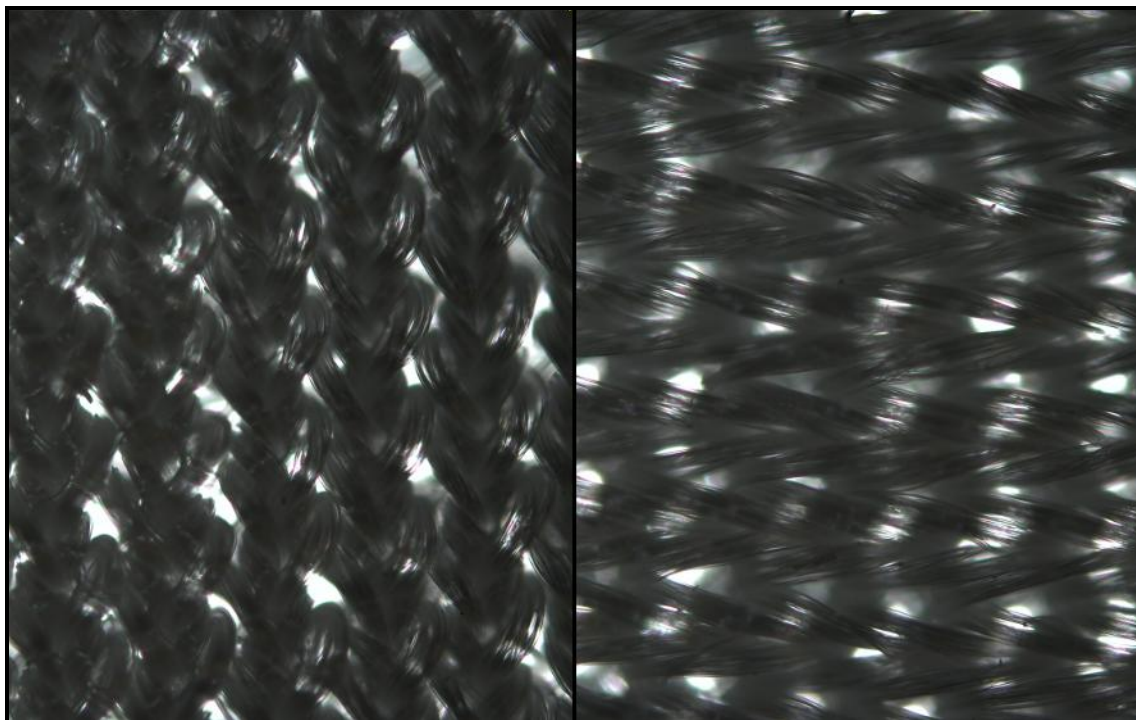
Vzorek má složení 93% polyester, 7% elastan (Roica). Jedná se o zátažnou jednolící pleteninu z multifilu o plošné hmotnosti 120 g/m². Vzorek Polyester je vyfotografován pod mikroskopem z lícové i rubní strany na obr. 7.



Obr. 7: Fotografie Polyesteru pod mikroskopem

Vzorek 2 – Polyamid 109

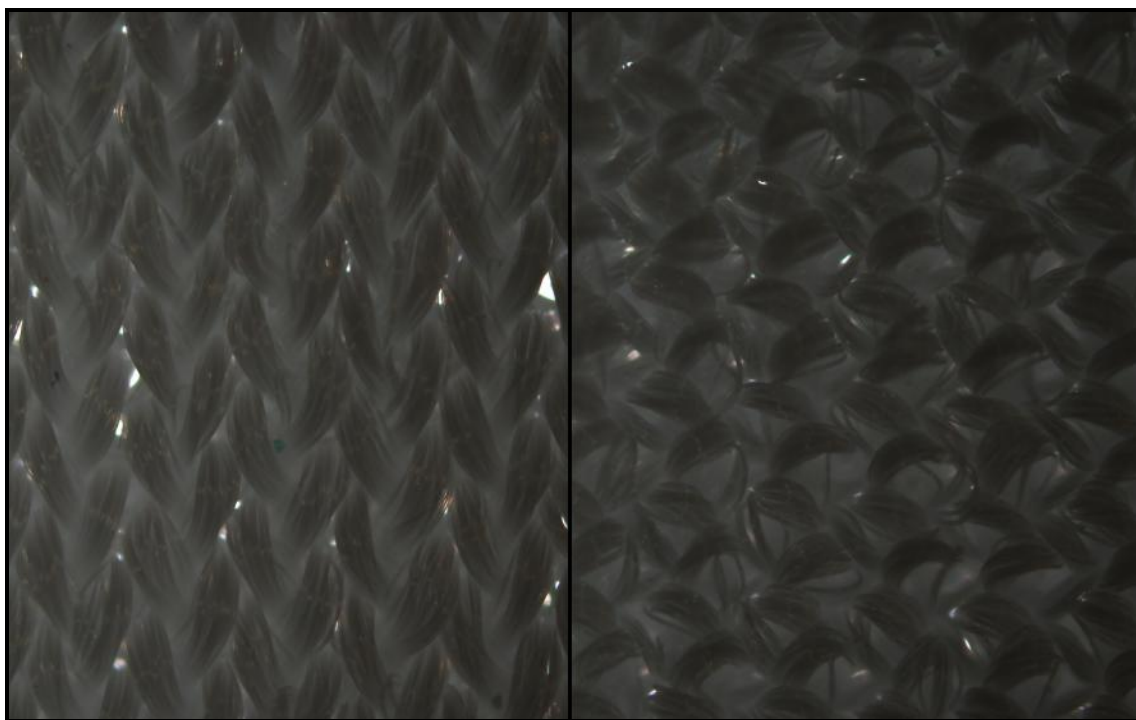
Vzorek má složení 79% polyamid, 21% elastan. Je to osnovní pletenina ve vazbě sukno pletená z multifilu a má plošnou hmotnost 109 g/m². Jeho fotografie viz. obr. 8.



Obr. 8: Fotografie Polyamidu 109 pod mikroskopem

Vzorek 3 – Polyamid 164

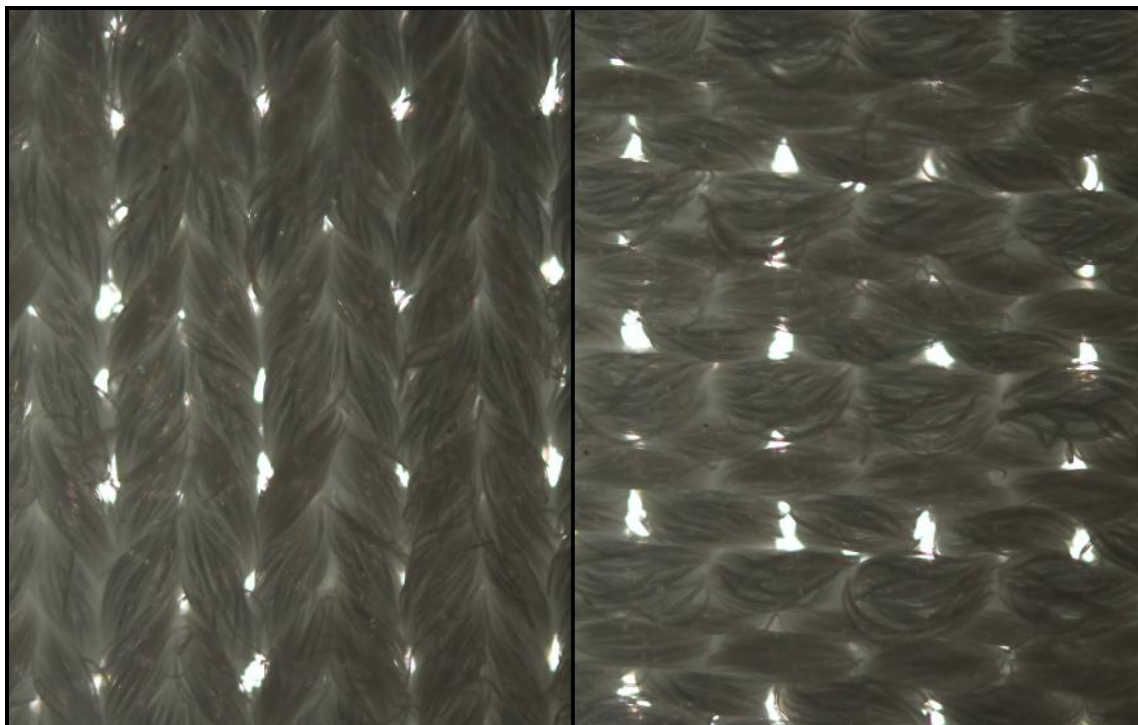
Vzorek o složení 72% polyamid, 28% elastan je osnovní pletenina z multifilu s vazbou trikot a plošnou hmotností 164 g/m². Fotografie vzorku je na obr. 9.



Obr. 9: Fotografie Polyamidu 164 pod mikroskopem

Vzorek 4 – Polyamid 135

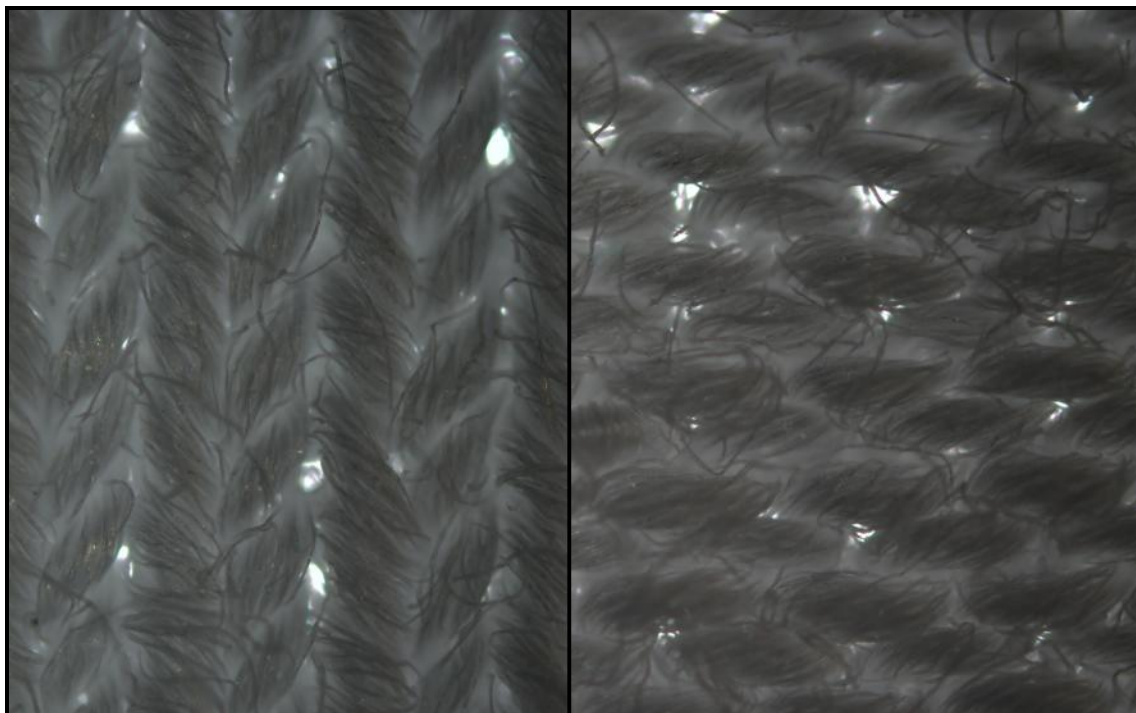
Zátěžná jednolící pletenina z multifilu ve složení 84,5% polyamid, 15,5% elastan má plošnou hmotnost 135 g/m². Fotografie vzorku je na obr. 10.



Obr. 10: Fotografie Polyamidu 135 pod mikroskopem

Vzorek 5 – Bavlna A

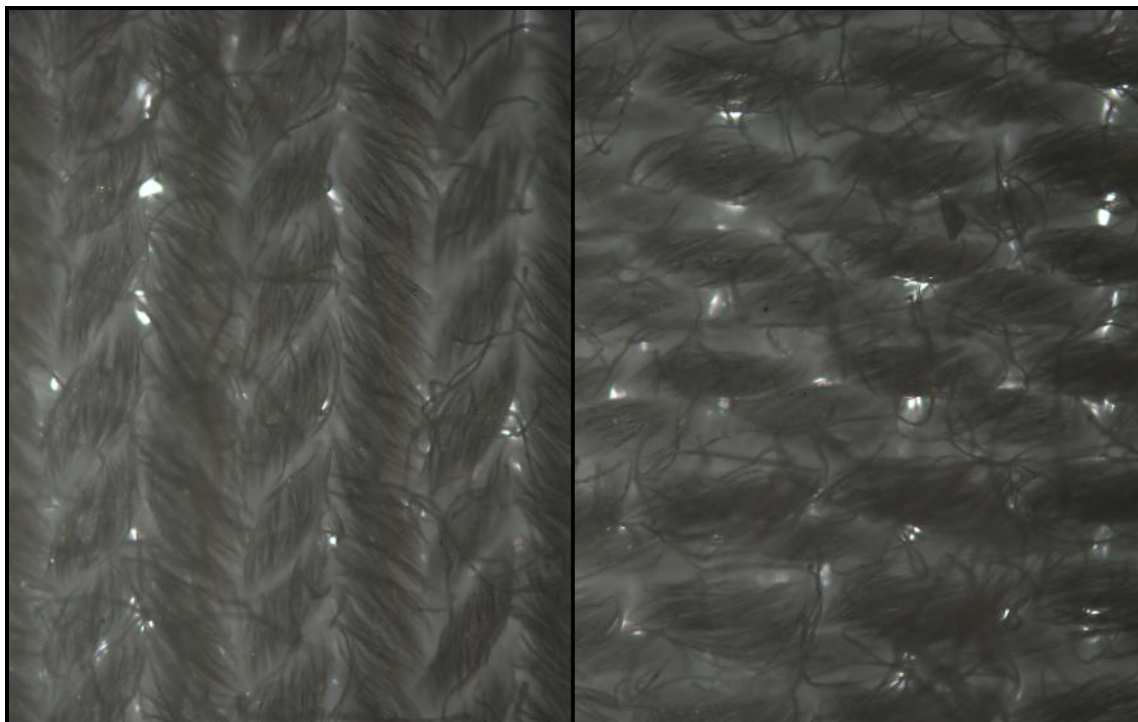
Zátěžná jednolící pletenina ve složení 88% bavlna, 12% elastan (Spandex) má plošnou hmotnost 170 g/m². Fotografie vzorku je na obr. 11.



Obr. 11: Fotografie Bavlny A pod mikroskopem

Vzorek 6 – Bavlna B

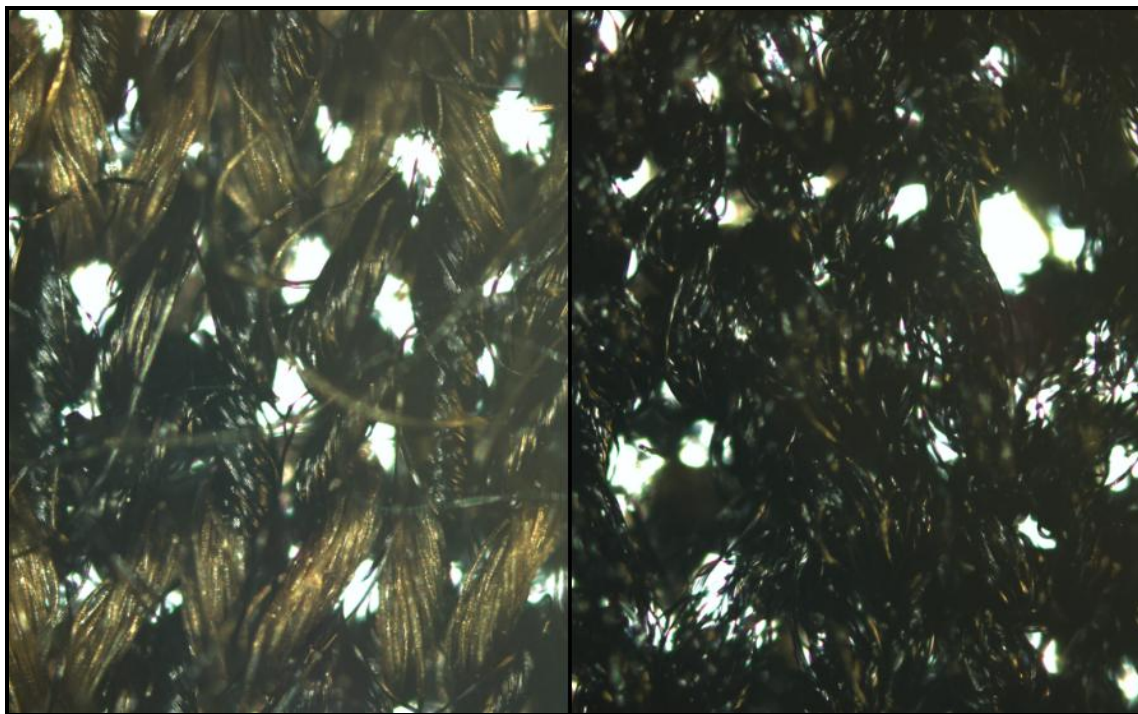
Zátěžná jednolící pletenina ve složení 88% bavlna, 12% elastan (Spandex) má plošnou hmotnost 170 g/m². Se vzorkem Bavlna A se navzájem liší úpravami, které způsobují rozdílný omak. Bavlna B působí měkčím dojmem a má na povrchu více odstávajících vláken. Fotografie Bavlny B pod mikroskopem je na obr. 12.



Obr. 12: Fotografie Bavlny B pod mikroskopem

Vzorek 7 – Merino+polyester

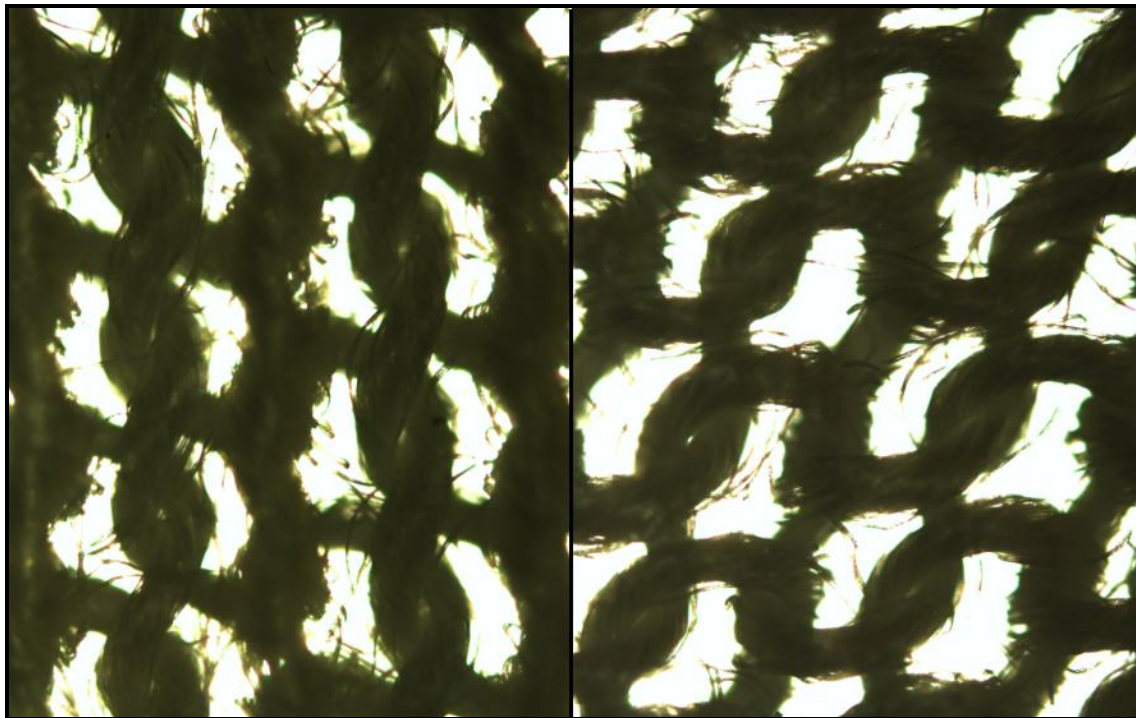
Tento vzorek má plošnou hmotnost 190 g/m^2 . Jedná se o dvouvrstvou zátažnou pleteninu ve složení 50% vlna (merino), 50% polyester. Z jedné strany pleteniny jsou chytové kličky, které zároveň tvoří kličky vazné s druhou pleteninou viz. obr. 13.



Obr. 13: Fotografie Merino+polyester pod mikroskopem

Vzorek 8 – Sója

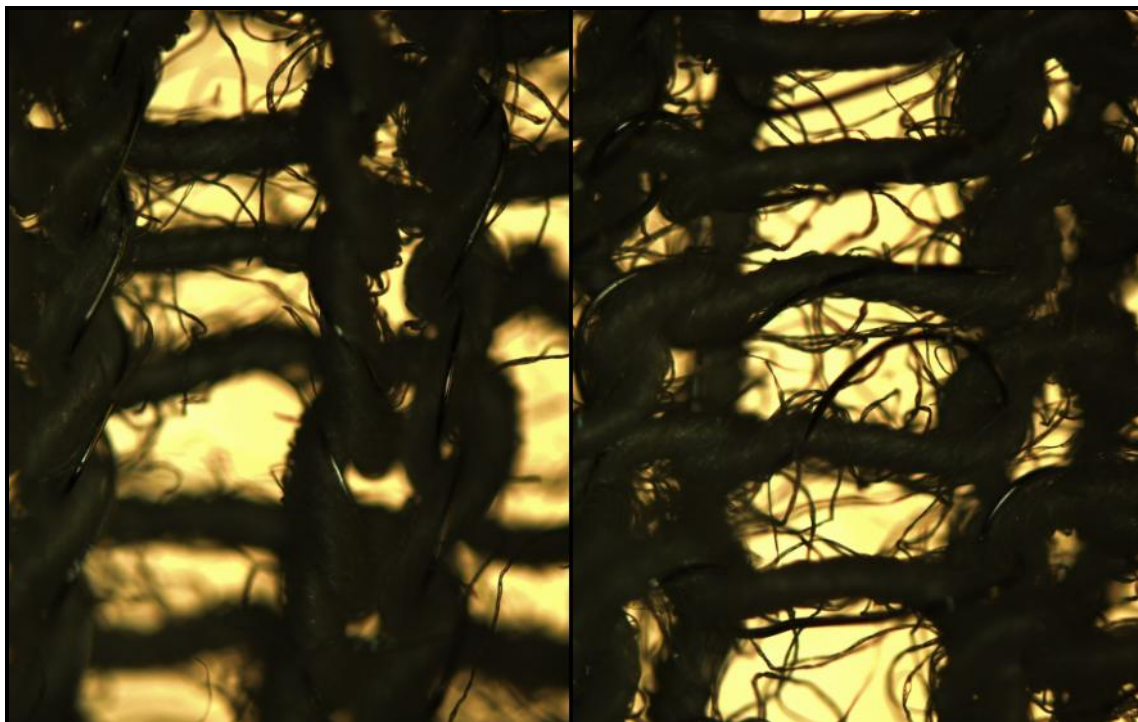
Plošná hmotnost této zátažné jednolící pleteniny je 116 g/m^2 . Materiálem jsou bílkoviny ze sójových bobů, které jsou depolymerovány, a následně se polymer převede do roztoku. Fotografie vzorku je na obr. 14.



Obr. 14: Fotografie Sója pod mikroskopem

Vzorek 9 – Bavlna+ocel

Plošná hmotnost tohoto vzorku je 133 g/m^2 . Jedná se o jednolící zátažnou pleteninu, kde se střídají sloupky oček se sloupky podložených klíčků (vynechaných sloupků). Materiálem je bavlněná příze, která je sdružená s ocelovým drátkem a provazují společně. Fotografie je na obr. 15.



Obr. 15: Fotografie Bavlna+ocel pod mikroskopem

2.2. Příprava vzorků

Z testovaných textilií byly odstříhnuty vzorky o velikosti cca 200x200mm. Alespoň tato velikost je potřebná k měření na zvolených přístrojích. Zvolené přístroje jsou sice nedestrukční, ale pro lepší manipulaci a kvůli potřebě sledovat hmotnost vody ve vzorku byly zmenšeny.

Před samotným měřením bylo nutné vzorky vyprat, aby se zbavily látek, které byly použity během výrobního procesu. Vzorky byly prány ručně v 60°C teplé vodě s použitím obyčejného pracího prostředku na ruční praní.

Dále bylo nutné některé vzorky přezehlít, jelikož jejich pomačkání by zkreslovalo výsledky měření. Největší zvrásnění vykazoval po vyprání vzorek ze sójových proteinů, dále bavlněné vzorky a v neposlední řadě i vzorek bavlna+ocel, který však nelze narovnat ani běžným žehlením, jelikož ocelový drátek způsobuje, že vzorek je tvárný.

2.3. Stanovení výparného odporu a paropropustnosti

K měření výparného odporu a paropropustnosti byl zvolen výše popsany přístroj Permetest, který se nachází na Katedře hodnocení textilií Textilní fakulty Technické

univerzity v Liberci. Jeho nespornou výhodou je, že jedno měření trvá max. 10 minut. Vzorky byly měřeny za stacionárních podmínek.

Podmínky měření

Teplota vzduchu: 24,5 °C

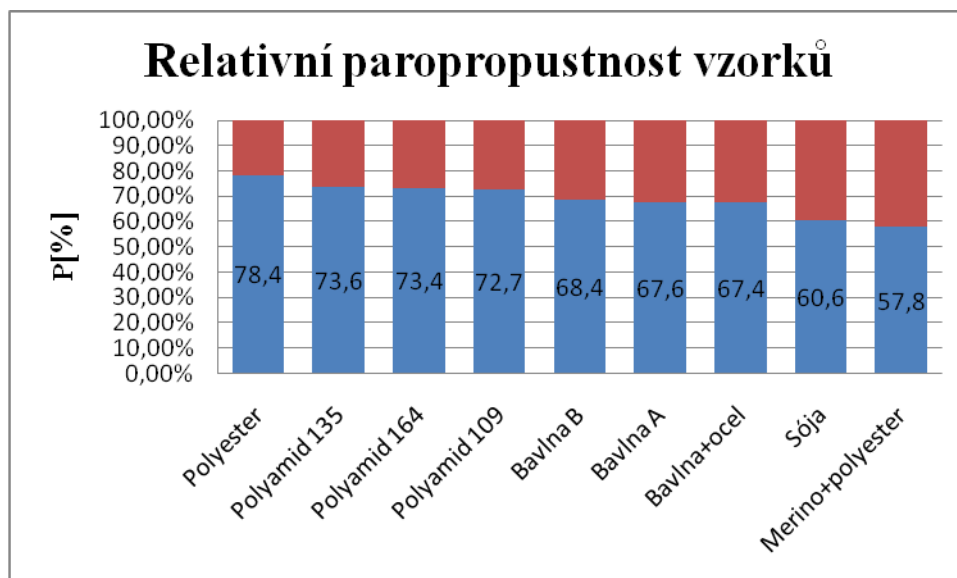
Vlhkost vzduchu: 37 %

Postup měření

Počítač je ovládán pomocí programu PERTEM. Po zapnutí je nutné vyčkat, až se přístroj ustálí. Před měřením i během něho se kontroluje množství vody, při nedostatku se doplní. Po ustálení přístroje proběhne referenční fáze bez vzorku stisknutím tlačítka START, během které se přístroj nastaví dle zadaných parametrů. Poté se vloží na měřicí hlavici referenční textilie, která je normovaná a dodávaná s přístrojem. Stisknutím tlačítka START je tato textilie změřena. Na hodnoty této textilie je nutné přístroj kalibrovat. Po kalibraci přístroje následuje již samotné měření. Měří se vždy jednou bez vzorku a jednou se vzorkem. Vzorek se vkládá na hlavici přístroje rubovou stranou směrem dolů. Na některých vzorcích byla strana, která se má dotýkat těla, označena výrobcem. V tom případě byla považována za rubovou stranu označená strana. Na každém vzorku byla provedena celkem tři měření. Jednotlivé výsledky se vkládaly do souboru příslušného vzorku. Nakonec byly počítačem statisticky vyhodnoceny. Přístroj zobrazil relativní paropropustnost textilie v %, její výparný odpor v $\text{m}^2 \text{Pa/W}$ a příslušné variační koeficienty v %. [7. 13]

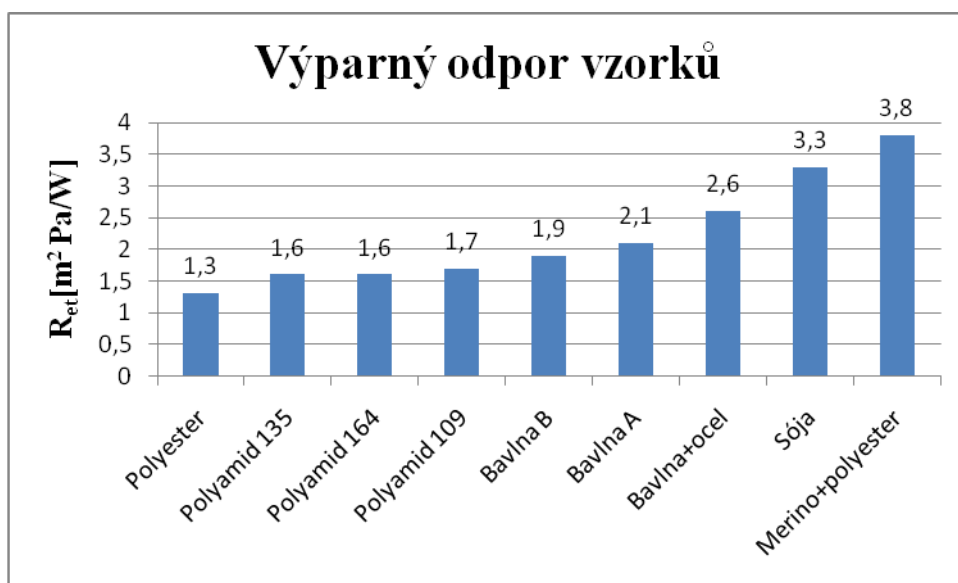
Výsledky

Z grafu relativní paropropustnosti na obr. 16 je vidět, že všechny vzorky jsou velmi paropropustné. Většina z nich se pohybuje kolem 70%. Takto vysoká paropropustnost je umožněna strukturou pleteniny. Nejpropustnější pro vodní páry je vzorek z polyesteru s 78,4%. Hned za ním následují tři polyamidové vzorky, mezi kterými není téměř žádný rozdíl. Druhou polovinu vzorků v žebříčku paropropustnosti tvoří vzorky obsahující přírodní materiál. Nejdříve to jsou oba bavlněné vzorky. Vzorek Bavlna B se umístil o příčku lépe než Bavlna A. V těsném závěsu za nimi je vzorek Bavlna+ocel. Na předposledním místě je vzorek ze sójových proteinů s 60,6 % a poslední s 57,8% je vzorek s merinové vlny a polyesteru. Jeho nižší paropropustnost je zřejmě způsobena tím, že se jedná o dvouvrstvou pleteninu. Má tudíž vyšší plošnou hmotnost. Vlněná vlákna jsou navíc schopna absorbovat velké množství vody.



Obr. 16: Graf relativní paropropustnosti

Výparné odpory měřených vzorků jsou nepřímo úměrné jejich paropropustnosti viz graf na obr. 17. Nejmenší výparný odpor má tedy vzorek z polyesteru a to $1,3 \text{ m}^2 \text{ Pa/W}$. Největší výparný odpor $3,8 \text{ m}^2 \text{ Pa/W}$ má vzorek Merino+polyester.



Obr. 17: Graf výparného odporu

2.4. Stanovení tepelného odporu, tepelné jímavosti a tepelné vodivosti

K měření těchto charakteristik vzorků byl použit výše popsáný přístroj Alambeta. Tento poloautomatický přístroj se nachází na Katedře hodnocení textilií Textilní fakulty Technické univerzity v Liberci.

Podmínky měření

Teplota vzduchu: 23 °C

Vlhkost vzduchu: 38%

Přítlak měřící hlavičky: 250 Pa

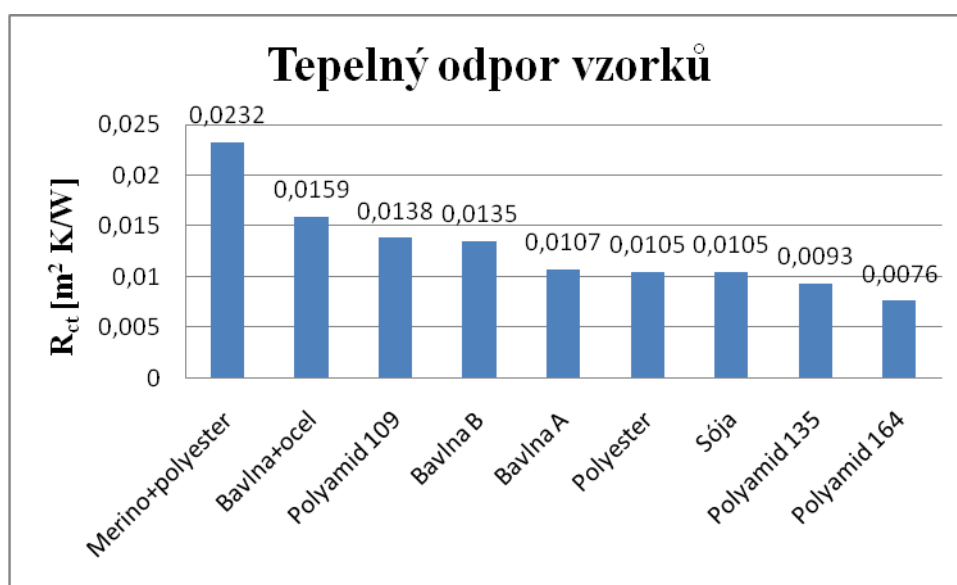
Postup měření

Po zapnutí přístroje je třeba vyčkat, až se měřící hlavička ohřeje na potřebnou teplotu 32°C. Když je přístroj připraven, vzorek se umístí lícovou stranou na podložku, rubovou stranou směrem k měřící hlavičce. V některých případech byla rubová strana označena výrobcem jako strana, která se má dotýkat těla. V takovém případě se při umístění vzorku vycházelo z informací daných výrobcem. Vzorek na podložce se musí urovnat, aby nevznikly záhyby a nerovnosti. V některých případech, vzhledem k pružnosti pletenin, bylo obtížné dosáhnout vyrovnaného stavu vzorku. Nejobtížnější to bylo u vzorku Bavlna+ocel, který kvůli své tvarové paměti, musel být přidržován na podložce v přiměřeně napnutém stavu. Je-li vzorek připraven, stiskne se tlačítko ST. Tím je spuštěno měření. Měřící hlavička sjíždí dolů a dotýká se vzorku, probíhá proces měření. Když je měření dokončeno, hlavička vyjede opět nahoru a na displeji se zobrazí výsledek měření. Stiskem tlačítka EN se hodnoty vloží do statistiky a měřící proces se může opakovat. Pro každý vzorek byla provedena tři měření. Po vložení posledního měření do statistiky se stisknou v tomto pořadí tlačítka EN a RL, čímž se zobrazí statistické hodnoty celého souboru měření. Listování ve statistice se provádí stiskem tlačítka RL. Během jeho stisku se přechodně zobrazí variační koeficient příslušného parametru v %. Jsou-li všechny potřebné hodnoty zjištěny, stisknou se v tomto pořadí tlačítka EN a ST. Tím dojde k vymazání souboru. Poté následuje měření dalšího vzorku. Během měření se mohou na displeji objevit písmena E a F s příslušným číslem. Písmeno E označuje chyby měření, např. příliš tenkou textilií. Písmeno F značí závady na přístroji. [8, 13]

Před samotným měřením byly všechny vzorky aklimatizovány v laboratoři. Všechny vzorky byly v průběhu měření zváženy. Před vyhodnocením výsledků byly hodnoty tepelného odporu a tepelné vodivosti udávané přístrojem vyděleny 10^3 pro dosažení potřebných jednotek.

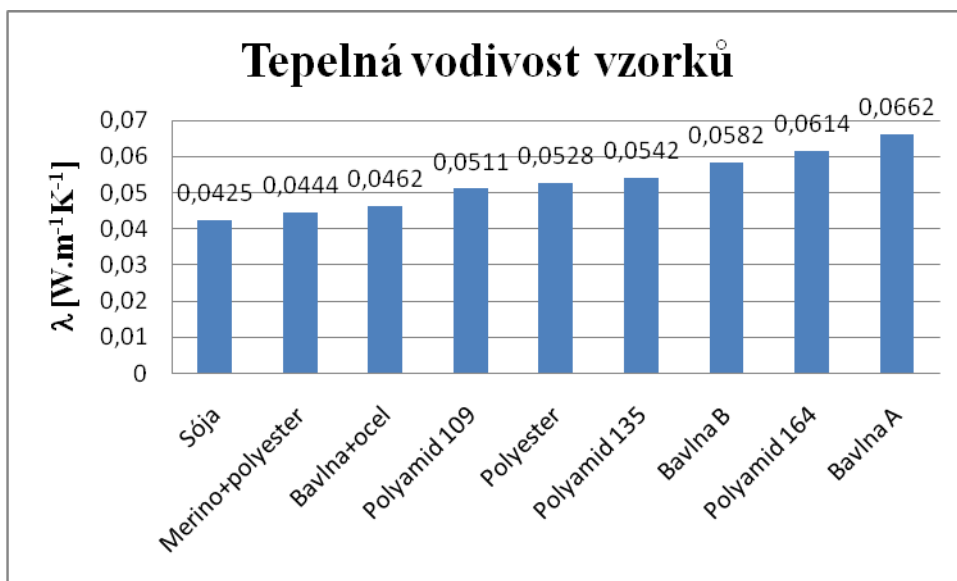
Vyhodnocení

Z grafu tepelného odporu na obr. 18 je vidět, že zdaleka nejlepší tepelnou izolaci poskytuje podle očekávání vzorek Merino+polyester. Použití spodního prádla z tohoto materiálu by bylo vhodné do velmi chladného počasí. Na druhém místě, avšak s jistým odstupem se umístil vzorek Bavlna+ocel. Na dalších místech jsou Polyamid 109 a Bavlna B. Stejných výsledků dosáhla následující Bavlna A, Polyester a Sója. Všechny tyto vzorky by mohly sloužit jako lehká tepelná izolace do teplého počasí. Na předposledním místě je vzorek Polyamid 135. Vůbec nejhorší tepelný odpor vykazuje vzorek Polyamid 164. Spodní prádlo z něho zhotovené by se dalo použít snad jen do horkého počasí, kde by nebyla požadována žádná tepelná izolace.



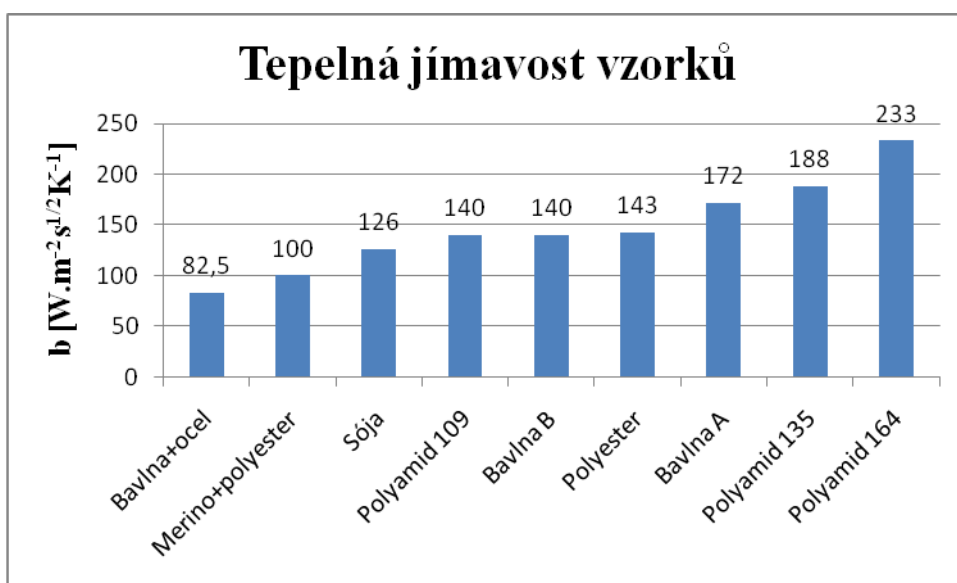
Obr. 18: Graf tepelného odporu

Na grafu tepelné vodivosti na obr. 19 jsou seřazené vzorky od nejméně vodivých po ty nejvíce. Jako vůbec nejméně tepelně vodivý materiál se ukázal být vzorek Sója. Následují ho vzorky Merino+polyester, Bavlna+ocel, Polyamid 109, Polyester, Polyamid 135 a Bavlna B. Nejvodivějšími vzorky jsou Polyamid 164 a Bavlna A.



Obr. 19: Graf tepelné vodivosti

Graf tepelné jímavosti na obr. 20 ukazuje vzorky seřazené od nejmenší tepelné jímavosti po největší, nebo-li od nejteplejšího omaku po nejchladnější. Nejteplejší omak ze všech vzorků vykazuje vzorek Bavlna+ocel. Za ním se umístil vzorek z merinové vlny a polyesteru. Vzorek ze sójových proteinů sice má nízký tepelný odpor, ale omak vykazuje hřejivý. Dalšími vzorky v pořadí s téměř shodnou jímavostí jsou Polyamid 109, Bavlna B a Polyester. O něco chladnější omak má Bavlna A a Polyamid 135. Vůbec nejchladnějším je vzorek Polyamid 164.



Obr. 20: Graf tepelné jímavosti

2.5.Stanovení závislosti parametrů termofyziologického komfortu na množství vlhkosti

Pokud by při běžném nošení spodního prádla nedocházelo k žádné fyzické zátěži lidského organismu, stačily by k vyhodnocení termofyziologického komfortu hodnoty naměřené za sucha. V praxi však zřejmě není člověk, který by se vůbec nikdy nezpotil. Funkční prádlo je navíc především určeno pro fyzicky náročné aktivity nebo pro sport. Proto by si prádlo mělo zachovávat svoje kvality a funkčnost i při zavlhčení. Při hodnocení míry funkčnosti jednotlivých vzorků a jejich vhodnosti pro různé podmínky nošení nestačí vycházet z hodnot parametrů termofyziologického komfortu za sucha. Je třeba zjistit, do jaké míry si je vzorek zanechá i po zavlhčení a jak velké zavlhčení vzorku bude již při nošení nevyhovující.

Měření tepelného odporu, tepelné jímavosti a tepelné vodivosti za vlhka bylo provedeno na přístroji ALAMBETA, stejně jako měření těchto parametrů v suchém stavu. Každý vzorek byl změřen při pěti stupních zavlhčení.

Podmínky měření

Teplota vzduchu: 23 °C

Vlhkost vzduchu: 31%

Přítlak měřicí hlavice: 250 Pa

Příprava vzorků

Před samotným měřením se vzorky musí namočit vodou. Je potřeba, aby voda pronikla do hloubky vzorků a jednotlivých vláken. K urychlení a zlepšení procesu smáčení je vhodné použít rychlosmáčecí přípravek. Pro tuto práci byl použit přípravek Spolion 8. Pro účely smáčení textilií byl zředěn vlažnou vodou v poměru daném v návodu. Vzorky byly v roztoku ponořeny alespoň 15 minut.

Postup měření

Vzorek se vyndá z lázně. Musí se nechat vykapat od přebytečné vody. Před vložením do přístroje se vzorek zváží, aby bylo možné porovnat množství vlhkosti. Následně se položí pod měřicí hlavici a spustí se měření. Měření probíhá stejně jako u měření za sucha, avšak každý vzorek se změří pouze jednou. Opakované měření a vytvoření statistického souboru není možné, jelikož vzorek by při opakovaném měření ztrácel vlhkost. Po změření vzorku se vzorek položí na papírovou utěrku. Další papírovou utěrkou se přikryje a přítlakem odsaje určitá část vlhkosti. Vzorek tedy

obsahuje nižší množství vlhkosti. Tento vzorek se znovu zváží a změří. Celý proces se opakuje podle požadovaného počtu stupňů vlhkosti. Pro tuto práci bylo pro každý vzorek provedeno pět měření.

Hodnoty tepelného odporu a tepelné vodivosti udávané přístrojem je třeba vydělit 10^3 .

Zjištění ultra suché hmotnosti vzorků

Jelikož i suché vzorky obsahují určité procento vlhkosti v závislosti na rovnovážné sorpci daného vlákna a vlhkosti vzduchu při měření, nebylo by možné zjistit procento vody ve vzorku a následné porovnání výsledků. Proto se provádí zjišťování hmotnosti ultra suchých vzorků. Cílem je, aby vzorky neobsahovaly žádnou vlhkost. Za tímto účelem byla použita sušička v laboratoři Katedry hodnocení textilií.

Po zapnutí sušičky se musí počkat na její ohřátí. Když teploměr umístěný vně na sušičce ukazuje teplotu uvnitř 110°C , vloží se dovnitř vzorky. Horký vzduch cirkulující v sušičce odvádí vlhkost ze vzorků. Po uplynutí 20 minut se vzorky po jednom vytahují. Hned po vyjmutí vzorku se musí zvážit. Vážení musí probíhat rychle, aby vzorek nezačal absorbovat vzdušnou vlhkost.

Vyhodnocení

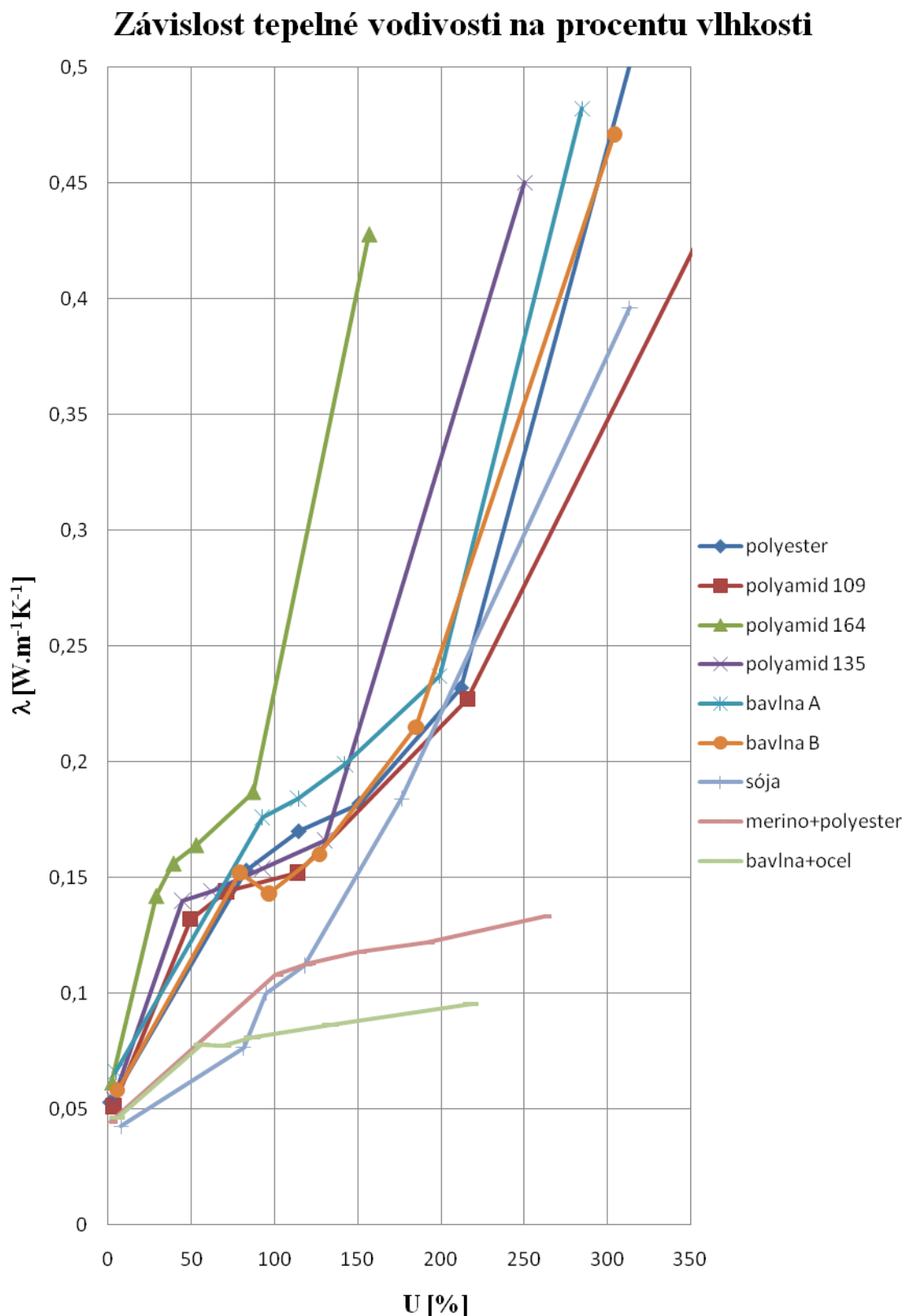
Pro stanovení grafických závislostí vlastností textilií na množství vlhkosti je třeba pro každý vzorek a každý stupeň vlhkosti zjistit procento vody obsažené ve vzorku. To se zjišťuje i pro hmotnost měřenou během měření za sucha v laboratorních podmínkách. Procento vlhkosti ve vzorku se zjišťuje podle vzorce (12):

$$U = \frac{m_W - m_{UD}}{m_{UD}} 100 [\%] \quad (12)$$

m_W – hmotnost vlhkého vzorku [g], m_{UD} – hmotnost ultra suchého vzorku [g]

Vypočtená procenta vlhkosti slouží k sestavení grafů závislostí jednotlivých parametrů termofyziologického komfortu na obsahu vlhkosti ve vzorcích.

Graf na obr. 21 zobrazuje závislost tepelné vodivosti všech textilií na obsahu vlhkosti.



Obr. 21: Graf závislosti tepelné vodivosti na procentu vlhkosti

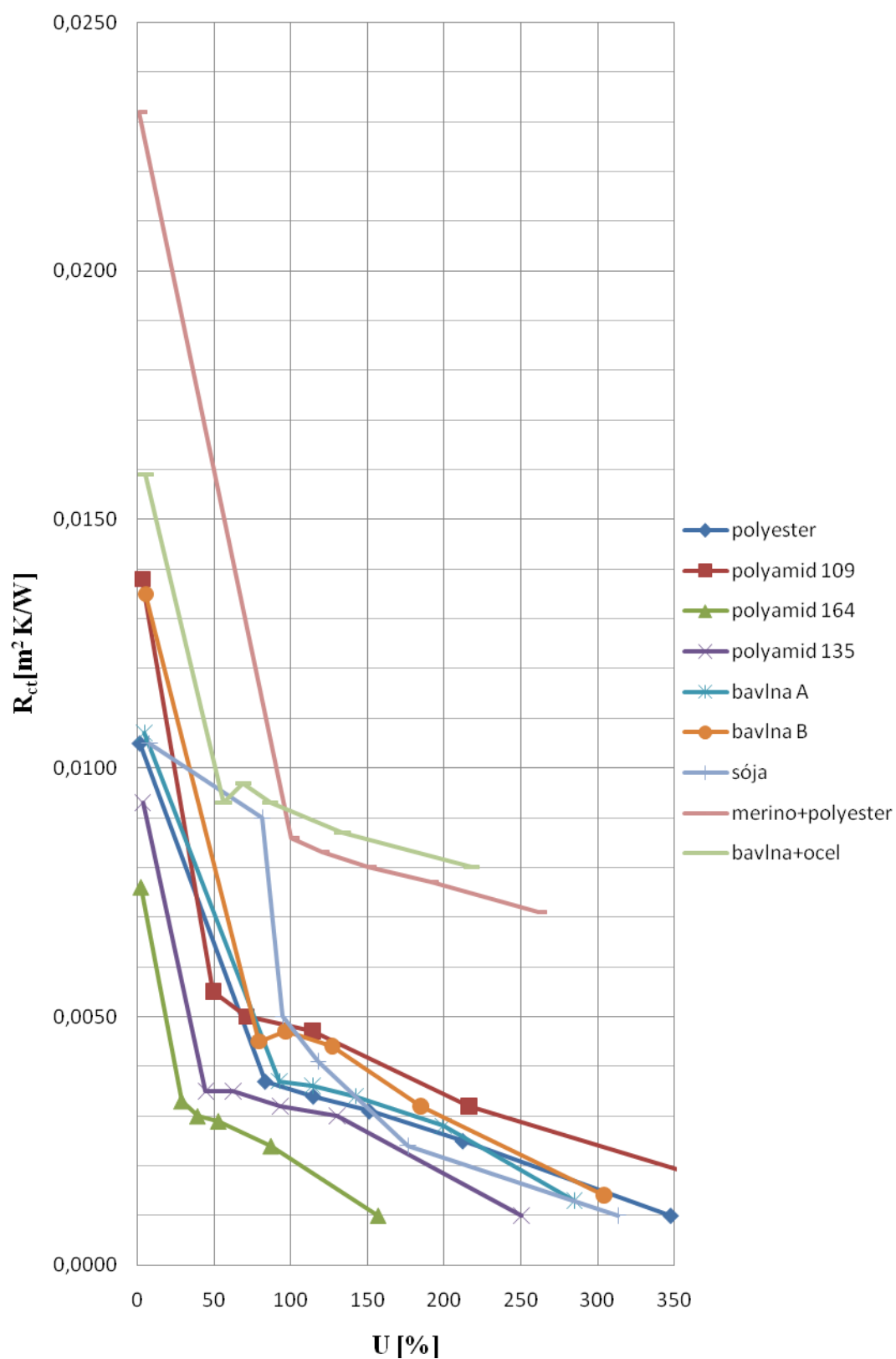
U většiny vzorků lze sledovat typický poschodovitý tvar. Ten se skládá ze tří částí s různým sklonem křivky. První, prudká část je dána rychlým zvyšováním tepelné vodivosti z důvodu absorpce vlhkosti do vlákna. Prostřední část má pozvolnější charakter. V této fázi se již vlhkost dostává na povrch vláken, kde je udržována mechanickými nebo chemickými vazbami. Třetí část je opět s prudkým sklonem. Takto rychlé zvyšování tepelné vodivosti je dáno tím, že voda nahradila již veškerý vzduch obsažený ve struktuře textilie. Povrch textilie se zcela zalívá vodou. Tepelná vodivost vody je $0,6 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$, to je také nejvyšší vodivost, kterou by bylo možné naměřit. U většiny vzorků však takového zavlhčení nebylo dosaženo. Tepelná vodivost nezavlhčených textilií se pohybuje kolem $0,05 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$. Tepelná vodivost vzduchu je $0,026 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$. Křivky jednotlivých vzorků mají fáze různě dlouhé a různě strmé. V některých fázích má jeden vzorek vyšší vodivost než druhý, v další fázi se jejich křivky prohodí.

Naprosto nejstrmější a nejrychlejší průběh má tepelná vodivost Polyamidu 164. Již při 150% vlhkosti dosahuje tepelné vodivosti nad $0,4 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$. Další poměrně vysokou vodivost vykazuje vzorek Polyamid 135, ten ale dosahuje stejné hodnoty až při 250% vlhkosti. Třetí polyamidový vzorek, Polyamid 109, který má nejmenší plošnou hmotnost z těchto tří, vykazuje při 250% vlhkosti třetí nejmenší vodivost ze všech a stejné hodnoty jako oba předchozí dosahuje až při 350% zavlhčení. Vzorky Polyester, Bavlna A, Bavlna B a Polyamid 109 mají velmi podobný průběh. Výrazněji se jejich křivky rozcházejí až při 200% vlhkosti. Zejména Polyester, Bavlna A a Bavlna B mají téměř stejný průběh vodivosti. Zajímavé je porovnání obou bavlněných vzorků, u kterých je různou úpravou docíleno, že Bavlna B má v některých místech křivky nižší vodivost než Bavlna A. Poměrně odlišný tvar závislosti má vzorek Sója. Průběh tepelné vodivosti sójového vzorku je velmi lineární. Téměř do 100% vlhkosti vzorku má dokonce nejnižší vodivost a do 200% je na třetím místě s nejnižší vodivostí. Tepelnou vodivost $0,4 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$ dosahuje při 300% vlhkosti. Velmi zajímavý průběh vodivosti mají vzorky Merino+polyester a Bavlna+ocel. Jejich průběh je téměř konstantní. Vzorek Merino+polyester nedosahuje ani při 250% vlhkosti tepelnou vodivost $0,15 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$. Vzorek Bavlna+ocel dokonce ani $0,1 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$ při 200%. U vzorku Merino+polyester je této téměř konstantní vodivosti dosaženo díky šupinkovitému povrchu vlněných vláken. Šupinky na povrchu vláken obsahují tuky, takže na nich neulpívá vlhkost. Díky tomu, že odstávají od vlákna, vytváří suchou vrstvu obsahující

vzduch, který má nižší tepelnou vodivost než voda. Tato vzduchová vrstva není závislá na obsahu vody ve vzorku, proto vodivost zůstává téměř konstantní. U vzorku Bavlna+ocel pravděpodobně dochází k dosud nepopsanému efektu. Jedná se o podobný efekt jako u vlněných vláken. Vzduchovou vrstvu na povrchu tu ale nevytváří odstávající šupinky, ale ocelový drátek odstávající v místě dlouhých podložených kliček. Kov neabsorbuje vlhkost, proto povrch odstávajících drátků tvoří suchou vrstvu.

Na obr. 22 je graf závislosti tepelného odporu na procentu vlhkosti ve vzorcích.

Závislost tepelného odporu na procentu vlhkosti

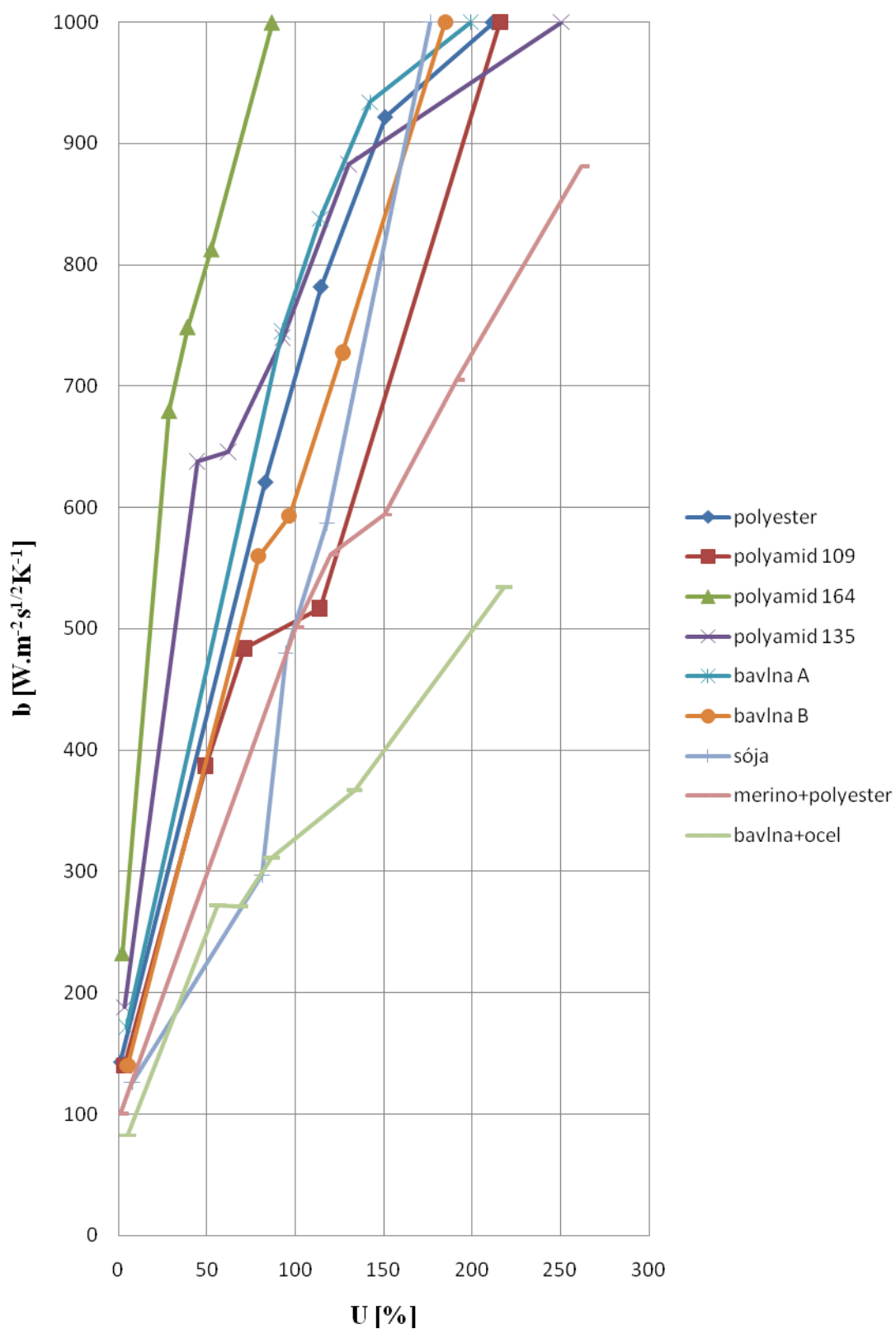


Obr. 22: Graf závislosti tepelného odporu na procentu vlhkosti

Tepelný odpor je v podstatě opakem tepelné vodivosti. Na rozdíl od ní však zohledňuje tloušťku vzorků. Proto křivky tepelného odporu jednotlivých vzorků nezačínají ve stejném bodě jako v případě tepelné vodivosti, jak je vidět na grafu na obr. 22. Čím vyšší je tepelná vodivost, tím je odpor nižší. Zároveň se ale tepelný odpor zvyšuje s tloušťkou vzorku. Nejvyšší tepelný odpor má až do 100% zavlhčení vzorek Merino+polyester. Ten má před zavlhčením dokonce skoro $0,025 \text{ m}^2 \text{ K/W}$. Až do 100% vlhkosti prudce klesá na úroveň téměř $0,01 \text{ m}^2 \text{ K/W}$, pak už klesá pouze pozvolna. Tento materiál je vhodný do velmi chladných podmínek, protože i při vysokém pocení bude udržovat lidský organismus v teple. Velmi příznivý tepelný odpor má také vzorek Bavlna+ocel. Zpočátku sice není tak dobrým tepelným izolantem jako předchozí, ovšem jeho tepelný odpor tolik neklesá a na 100% vlhkosti má vyšší tepelný odpor než předchozí vzorek. Na 100% vlhkosti vykazuje dobrý tepelný odpor také vzorek ze sóji. Při dosažení této vlhkosti však jeho tepelný odpor prudce klesá. Je tedy vhodný do podmínek, kde nedojde k tak velké fyzické zátěži organismu. Z ostatních vzorků, které mají podobný průběh tepelného odporu dopadly nejlépe vzorky Polyamid 109 a Bavlna B. Téměř shodný tepelný odpor má vzorek Bavlna A a Polyester, jejich tepelné odpory klesají postupně a pozvolna. Nejhoršími izolanty jsou oba polyamidy s větší plošnou hmotností. Polyamid 135 skončil na předposledním místě. Vůbec nejnižší tepelný odpor má Polyamid 164, který se již při 150% velmi přibližuje nulovému odporu, na rozdíl od jiných vzorků, které stejné hodnoty dosahují až od 250%.

Na obr. 23 je graf závislosti tepelné jímavosti na obsahu vlhkosti.

Závislost tepelné jímavosti na procentu vlhkosti



Obr. 23: Graf závislosti tepelné jímavosti na procentu vlhkosti

Tepelná jímavost vypovídá o tepelném pocitu, který vznikne při několikavteřinovém kontaktu textilie s pokožkou. Nevypovídá sice o tepelném odporu, přesto může při výběru oděvu být klíčovým faktorem. Graf na obr. 23 ukazuje průběhy tepelných jímavostí všech vzorků v závislosti na množství vlhkosti ve vzorku. Nejvyšší možná tepelná jímavost při měření vzorku, který má na povrchu souvislou vrstvu vody, je $1600 \text{ W m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$. Pro porovnání tepelného omaku vzorků byla stanovena jako maximální hranice $1000 \text{ W m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$. Za touto hranicí je již omak velmi chladný a nepříjemný. Nejrychleji k této hranici vystoupala tepelná jímavost Polyamidu 164. Dosahuje jí již při necelých 100% vlhkosti. Je to způsobeno nejen použitím multifilu, který je hladký bez vyčnívajících vláken, ale také hustou trikotovou vazbou, která způsobuje, že pletenina je tuhá a hladká bez vystouplých oček nebo volných úseků příze. Polyamid 135 má zpočátku také velmi chladný omak. Ten však při vyšších procentech zavlhčení stoupá pomaleji a hranice $1000 \text{ W m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$ dosahuje jako jeden z mála až při 250 %. Omak tohoto materiálu by mohl být příjemný ve velmi horkém počasí při vysoké fyzické zátěži. Většina vzorků dosáhla hranice $1000 \text{ W m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$ kolem 200% vlhkosti. Takto vysoké tepelné jímavosti však nedosáhl vzorek Merino+polyester ani při 250%. Vzorek s ocelovým drátkem dokonce při 200% měl tepelnou jímavost pouhých $500 \text{ W m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$. Takto teplý omak by měl být u těchto dvou vzorků způsoben již zmíněným efektem odstávajících šupinek a vystouplého drátku, díky kterým se snižuje dotyková plocha vzorku s pokožkou a omak je tím teplejší a suchý. Teplého omaku u sójového vzorku bylo docíleno do 100% vlhkosti, za touto hranicí se však prudce zhoršuje. Vzorek Polyester a Bavlna A mají opět téměř stejný průběh tepelné jímavosti. Bavlna má sice vyšší rovnovážnou vlhkost vláken než polyamid nebo polyester, přesto má lepší tepelný omak než některé vzorky zhotovené z těchto materiálů. Je to způsobeno tím, že vzorky ze syntetických multifilů jsou hladké a nemají žádná vyčnívající vlákna, tím je zvětšena plocha dotýkající se pokožky. Zatímco bavlněný materiál má velké množství odstávajících konců vláken, díky kterým je tepelný omak lepší. Vzorek Bavlna B dosáhla o něco teplejšího omaku než Bavlna A. Díky rozdílným úpravám má totiž Bavlna B chlupatější, více semišový povrch na rozdíl od Bavlny A, která je úplně hladká.

2.6. Subjektivní hodnocení tepelného omaku

Aby bylo možné říci, zda hodnoty tepelné jímavosti odpovídají skutečnému tepelnému omaku, který pociťuje běžný hodnotitel, je třeba porovnat výsledky se subjektivním hodnocením.

K subjektivnímu hodnocení tepelného omaku bylo požádáno 6 lidí. Hodnocení se zúčastnili tři muži a tři ženy různého věku. Pro všechny hodnotitele byly zajištěny stejné podmínky hodnocení. V místnosti, kde se hodnotilo, byla zajištěna vlhkost vzduchu asi 50% a teplota 19°C. V těchto podmínkách byly vzorky aklimatizovány. Vzorky byly umístěny na dřevěné desce stolu, která byla překryta matným balícím papírem. Tak bylo zajištěno, že tepelný omak vzorků nebude ovlivněn tepelným omakem desky stolu.

Postup hodnocení

Hodnotitelé vcházeli do místnosti postupně se zavázanýma očima, aby nebyli ovlivněni zrakovým vjemem. Byli posazeni ke stolu, kde byly rozloženy testované vzorky. Pravou rukou se postupně dotýkali na 2-3 vteřiny testovaných vzorků. Měli za úkol vždy mezi dvěma vzorky rozhodnout, který je chladnější a který teplejší. Když bylo určené přibližné pořadí vzorků od nejchladnějšího, měli za úkol znovu zkontrolovat celé pořadí vzorků. Při hodnocení seřazených vzorků lépe cítili drobné rozdíly a byli schopni pořadí vzorků lépe upravit. Konečné pořadí vzorků bylo zaznamenáno. Dále měli hodnotitelé podle tepelného omaku vybrat jeden vzorek, který by si vybrali jako spodní prádlo na zimní sporty a jeden vzorek do letního počasí pro cyklistiku nebo turistiku.

2.6.1. Metody a výsledky zpracování dat

2.6.1.1. Stanovení pořadí vzorků

Jednotlivým vzorkům byly přiděleny body podle toho, na jakém místě v žebříčku od nejchladnějšího po nejteplejší se umístily. Pokud se tedy vzorek umístil na prvním místě jako nejchladnější, získal 1 bod. Pokud se umístil na devátém místě jako nejteplejší, získal 9 bodů, atd. Body od všech hodnotitelů byly sečteny. Vzorky byly seřazeny vzestupně podle počtu bodů. Čím větší počet bodů vzorek od hodnotitelů obdržel, tím byl jeho omak považován za teplejší a naopak. Tabulka 1 obsahuje srovnání pořadí vzorků podle tepelné jímavosti a podle subjektivního hodnocení.

Tab. 1 : Pořadí vzorků podle tepelného omaku

pořadí od nejchladnějšího	pořadí podle tepelné jímavosti	pořadí dané subjektivním hodnocením	počet bodů
1	polyamid 164	polyamid 164	6
2	polyamid 135	polyamid 135	16
3	bavlna A	bavlna A	18
4	polyester	bavlna B	23
5	bavlna B	polyamid 109	33
6	polyamid 109	polyester	35
7	sója	bavlna+ocel	44
8	merino+polyester	sója	46
9	bavlna+ocel	merino+polyester	49

Z porovnání pořadí vzorků stanoveného naměřenou tepelnou jímavostí a pořadí daného subjektivním hodnocením je vidět do jaké míry souhlasí hodnotitelé s naměřenými hodnotami. Shodně byly hodnotiteli umístěny tři nejchladnější vzorky. Zejména v hodnocení vzorku Polyamid 164 se hodnotitelé shodli. Všichni ho umístili shodně na první místo jako nejchladnější vzorek. Umístění dalších tří vzorků je přeházené. Je však třeba zohlednit to, že naměřené hodnoty těchto tří vzorků dosahují stejných hodnot. Jejich tepelný omak je tedy téměř shodný. Když se tento fakt vezme v úvahu, k žádnému přehození pořadí vlastně nedošlo. I samotní hodnotitelé při hodnocení upozorňovali na velkou podobnost některých vzorků a měli problém určit jejich pořadí. Zajímavé je, že z těchto tří vzorků byl považován za nejchladnější vzorek Bavlna B. O něco teplejší omak byl přisouzen Polyamidu 109 a nejteplejší omak byl vyhodnocen u vzorku Polyester. Na předních příčkách se umístily vzorky Bavlna+ocel, Sója a Merino+polyester v tomto pořadí. Vzorek Bavlna+ocel je tedy jediným vzorkem, který byl zařazen na jinou příčku. Sice má nejnižší tepelnou jímavost, ale hodnotitelé ho zařadili až na třetí místo. Je to způsobeno tím, že tento vzorek má velmi odlišný a nezvyklý povrch. Jeho drátovitý povrch byl hodnotiteli pocíťován i při velmi krátkém kontaktu rukou a byl považován za zvláštní. Pro některé hodnotitele se ukázalo být velkým problémem tento vzorek zařadit mezi ostatní. Dalo by se tedy říct, že hodnotitelé průměrně hodnotili tepelný omak shodně s naměřenou tepelnou jímavostí. Může však být problémem hodnocení vzorků s odlišným celkovým omakem od ostatních vzorků, který je navíc hodnotitelům nepříjemný.

2.6.1.2. Vyjádření shody mezi hodnotiteli

Stanovení pořadí hodnocených vzorků vypovídá o průměrném hodnocení, avšak neříká nic o tom, jestli všichni hodnotitelé hodnotili shodně, nebo se jejich hodnocení více lišila. Pro stanovení míry shody mezi hodnoceními všech hodnotitelů byl zvolen výpočet koeficientu konkordance. Ten nabývá hodnot od 0 do 1. Hodnota 1 znamená, že všichni hodnotili stejně. Hodnota 0, že právě dvě shodné skupiny hodnotily opačně. Koeficient konkordance byl vypočten podle vzorce (13): [14]

$$w = \frac{12}{m^2(n^2-n)} \sum_{j=1}^n (p_j - \bar{p})^2 \quad (13)$$

p_j – suma pořadových koeficientů, \bar{p} – průměrný součet pořadových koeficientů, m – počet hodnotitelů

$$w=0,84$$

Koeficient konkordance je roven 0,84. Mezi hodnoceními všech hodnotitelů tedy panuje celkem vysoká shoda.

2.6.1.3. Vyjádření míry závislosti jednotlivých hodnocení na naměřené tepelné jímavosti

Aby bylo možné určit, zda tepelná jímavost skutečně ovlivňuje hodnocení tepelného omaku respondenty a do jaké míry, je třeba nejen znát vzájemnou shodu mezi hodnotiteli, ale také porovnat hodnocení s naměřenými výsledky. K tomuto účelu byl použit Spearmanův pořadový korelační koeficient. Ten slouží k testování závislosti dvou souborů. Koeficient byl vypočítán vždy mezi jedním hodnotitelem a pořadím naměřené tepelné jímavosti. Takto byly stanoveny koeficienty pro všechny hodnotitele. Vypovídají o tom, jak velká je závislost mezi jednotlivými hodnoceními a naměřenými hodnotami. Vzhledem k tomu, že vzorky Polyester, Bavlna B a Polyamid 109 mají shodnou tepelnou jímavost, bylo jim při výpočtu přiřazeno stejné pořadí, aby jejich přehození hodnotiteli negativně neovlivňovalo výsledek. Pro výpočet Spearmanova pořadového korelačního koeficientu byl použit vzorec (14): [15]

$$SPKK = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2-1)} \quad (14)$$

d_i – rozdíl pořadí párů

Tabulka 2 ukazuje přibližné interpretace hodnot Spearmanova koeficientu. Tabulka 3 potom vypočítané hodnoty pro všechny respondenty.

Tab.2: Interpretace Spearmanova korelačního koeficientu dle [15]

koeficient korelace	interpretace
$r=1$	naprostá závislost (funkční závislost)
$1,00 > r \geq 0,90$	velmi vysoká závislost
$0,90 > r \geq 0,70$	vysoká závislost
$0,70 > r \geq 0,40$	střední (značná) závislost
$0,40 > r \geq 0,20$	nízká závislost
$0,20 > r \geq 0,00$	velmi slabá závislost
$r=0$	naprostá nezávislost

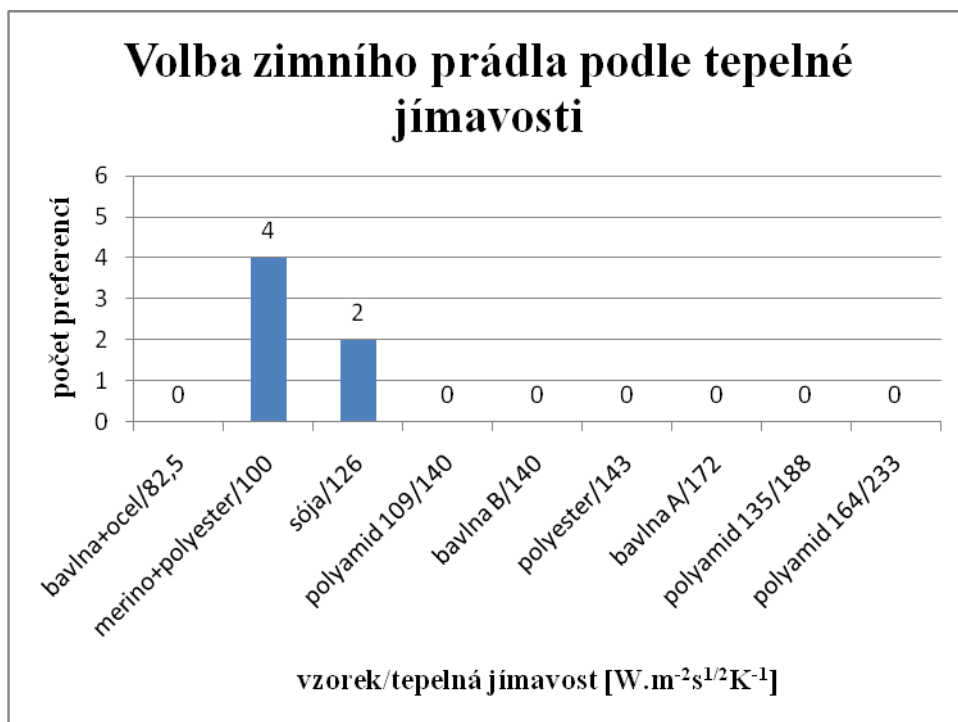
Tab. 3: Hodnoty Spearmanova korelačního koeficientu

hodnotitel	SPKK
1	0,85
2	0,93
3	0,68
4	0,97
5	0,95
6	0,83

Hodnoty korelačního koeficientu prokazují u tří respondentů velmi vysokou závislost jejich hodnocení na hodnotách tepelné jímavosti. U dvou respondentů je tato závislost vysoká a u jednoho středně vysoká.

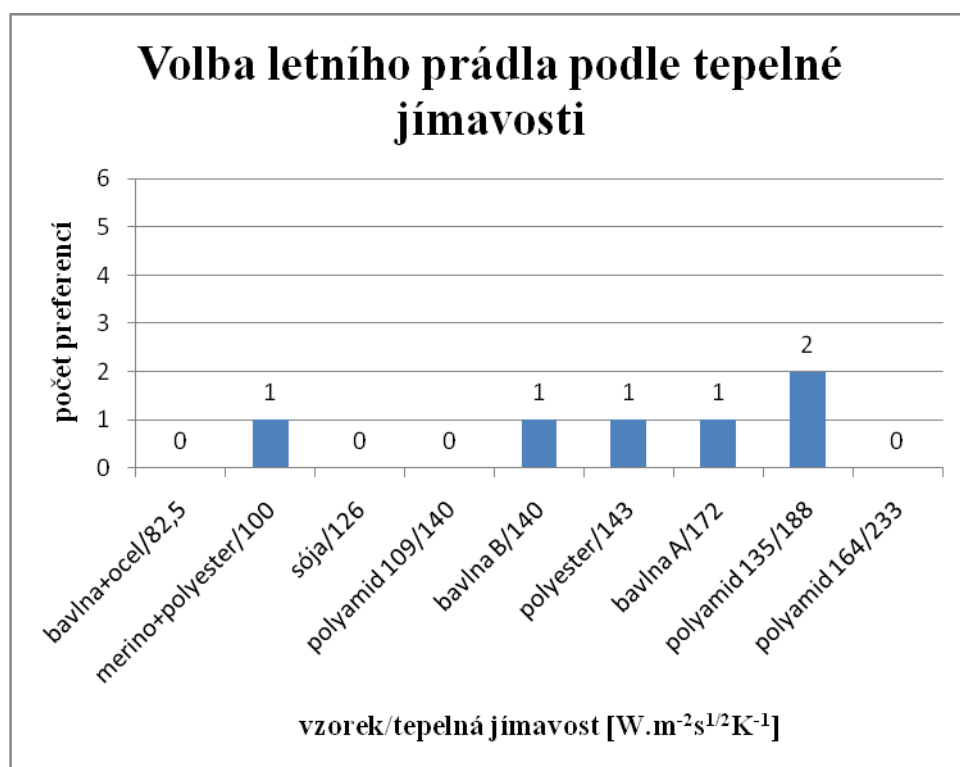
2.6.1.4. Volba vzorků pro zimní a letní spodní prádlo

Během hodnocení měli respondenti na základě tepelného omaku vybrat jeden vzorek, který by preferovali na spodní prádlo na zimu a jeden na léto. Výsledky jsou zpracovány do dvou grafů, jednoho pro letní prádlo na a jednoho pro zimní prádlo. Vzorky jsou seřazeny podle naměřené tepelné jímavosti od nejteplejšího po nejchladnější.



Obr. 24: Graf preferencí vzorků na zimu

Z grafu na obr. 24 pro výběr spodního prádla na zimu je vidět, že byly preferovány pouze dva vzorky. Nejvíce hlasů obdržel vzorek Merino+polyester. Druhým vzorkem je vzorek ze sójových proteinů. Oba vzorky jsou vzorky s teplejším omakem. Vzorek s nejteplejším omakem, Bavlna+ocel, nezískal žádný hlas. Je to způsobeno jeho drsným drátovitým povrchem, který hodnotitelům nebyl příjemný.



Obr. 25: Graf preferencí vzorků na léto

Z grafu na obr. 25 pro prádlo na léto je vidět rozložení preferencí podle tepelné jímavosti vzorků. Byly voleny vzorky, které byly považovány za chladnější, nedá se však označit konkrétní vzorek za nejvíce preferovaný. Pro zjištění nejvíce preferovaných vzorků by bylo třeba zajistit větší soubor hodnotitelů. Zajímavé je, že vzorek Polyamid 164 nezískal žádný hlas. Je to zřejmě způsobeno tím, že jeho omak je již tak chladný, že respondentům nebyl příjemný ani do horkého letního počasí. Naproti tomu vzorek Merino+polyester byl zvolen jedním respondentem jako vhodný pro letní období. Je však nutno dodat, že respondent, který vzorek zvolil, jej při svém hodnocení nezařadil mezi vzorky s nejteplejším omakem.

I z preferencí takto malého počtu respondentů je vidět, že pro zimní prádlo byly logicky voleny vzorky s teplejším omakem, kdežto na léto spíše s chladnějším. Tepelný omak však neodpovídá skutečné tepelné izolaci, kterou použitím spodního prádla bude dosaženo. Např. vzorek ze sójových proteinů při větším množství vlhkosti vykazuje velmi nízký tepelný odpor a chladný omak. Při použití tohoto spodního prádla a velké fyzické zátěži by docházelo k diskomfortu, i když tepelný omak je respondenty hodnocen pozitivně.

3. Závěr

Bakalářská práce byla zaměřená na hodnocení termofyziologického komfortu za vlhka u nových vzorků pletenin na spodní prádlo. Dále měla za úkol porovnat tepelnou jímavost textilií se subjektivním tepelným omakem. Některé výsledky měření potvrdily dřívější poznatky, některé jsou nové a překvapivé. Velmi dobré tepelně izolační vlastnosti za vlhka potvrdil dvouvrstvý úplet z merinové vlny a polyesteru, bohužel však na úkor nižší paropropustnosti. Kladné vlastnosti tohoto vzorku potvrdila i volba hodnotitelů, kteří ho považovali za nejvhodnější vzorek na zimní prádlo. Překvapivě výborných výsledků měření bylo dosaženo u vzorku z bavlněné příze v kombinaci s ocelovým drátkem. Ten dosahoval téměř konstantních hodnot i při vysokých procentech zavlhčení. Zřejmě je to způsobeno díky struktuře pleteniny a drátku, který v místech podložených kliček odstává od bavlněné příze a vytváří tím podobný efekt, jako mastné odstávající šupinky u vlněných vláken. Navzdory výborným vlastnostem bude jeho použití značně omezené, právě díky „drátěnkovitému„ povrchu. Odstávající drátky způsobují nepříjemný omak a mohly by způsobovat i mechanické poškození dalších oděvních vrstev. Poměrně preferovaným materiálem u hodnotitelů se stal úplet ze sójových proteinů. Tento vzorek však vykazuje dobré tepelně izolační vlastnosti jen za nízkého stupně zavlhčení. Navíc není příliš odolný proti mechanickému poškození. Již po ručním vyprání se značně zdeformoval a došlo k roztřepení volných konců příze. Nejhorší tepelně izolační vlastnosti mají vzorky z polyamidu. Záleží však na plošné hmotnosti a tudíž i struktuře pleteniny. Polyamidový vzorek s největší plošnou hmotností vykazoval dokonce tak chladný omak, že by ho hodnotitelé nevolili ani jako spodní prádlo na letní sporty. Naopak polyamidový vzorek s nejnižší plošnou hmotností má poměrně dobré vlastnosti při vyšším stupni zavlhčení. Polyamidové vzorky mají navíc výbornou propustnost pro vodní páry, takže by tento vzorek mohl být s výhodou použit jako spodní prádlo na léto. Při hodnocení paropropustnosti se potvrdilo, že více páry propouštějí vlákna s nižší sorpcí, tedy vlákna syntetická. Největší paropropustnost má vzorek z polyesteru. Ten jinak vykazoval podobné tepelně izolační vlastnosti jako vzorky bavlněné. Tepelná jímavost vzorků je ovlivněna rovnovážnou vlhkostí ve vláknech, ale také konstrukcí pleteniny a úpravami. To se potvrdilo při porovnání obou bavlněných vzorků, které přes shodné složení i plošnou hmotnost vykazují mírně odlišné vlastnosti. Ten z bavlněných vzorků, který má měkčí a vlasovější povrch, vykazuje i lepší tepelný omak. Při konstrukci textilií závisí na mnoha vzájemně se

ovlivňujících parametrech od vlákenné suroviny, přes výrobní postup, strukturu textilie až po finální úpravy.

Při porovnání subjektivního hodnocení tepelného omaku s naměřenou tepelnou jímavostí se prokázala závislost odpovědí respondentů na hodnotách naměřených. Neplatí to však vždy. Jestliže hodnotitel (zákazník) pocítuje velmi nepříjemný a nezvyklý omak textilie, může to zkreslit i jeho hodnocení tepelného omaku. Dá se říct, že tepelný omak je vnímán jako součást omaku celkového, záleží tedy i na mnoha jiných parametrech omaku, zda textilie bude hodnocena kladně. Hodnotitel (zákazník), který na hodnocení tepelného omaku není trénovaný, nedokáže odmyslet jinou složku omaku, pokud je velmi výrazná. Při výběru prádla však zákazník nezná skutečné hodnoty parametrů termofyziologického komfortu, proto je jeho hodnocení zastoupeno hodnocením omaku textilie, kde právě tepelný omak dává informaci o tepelně izolačních vlastnostech, i když nemusí být správná. Dokud nebudou hodnoty termofyziologického komfortu udávány spolu s výrobky a nebude všeobecná povědomost o jejich významu, bude právě tepelný omak tím, podle čeho budou zákazníci oděv hodnotit.

Většina neodborné veřejnosti u nás má jen slabé povědomí o textilním odvětví. Mnoho z mých známých si většinou ani dost neumí představit, co jde vlastně studovat na textilní fakultě. Většinou si představí módní návrháře, krejčovské a krachující oděvní a textilní podniky. Při pohledu na textilií nedokážou dohlédnout „hlouběji“, než na její barvu a módnost potisku. Nevidí ten dlouhý proces, který předchází koupi oděvu. Ani nevidí textilie, které je obklopují všude kolem a mnohdy pomáhají zajistit jejich bezpečí nebo komfort. Vlastnosti textilií však zdaleka nekončí u barvy a jejich poznávání je mnohem složitější proces. Textilie zasahují do mnoha odvětví a zajišťují někdy i životně důležité funkce. Jejich poznávání a vývoj je nekončící proces, protože potřeba speciálních textilií neustále roste.

4. Použité informační zdroje

- [1] Pojem komfort. ABZ slovník cizích slov [online]. [cit. 5.5.2010] Dostupné na internetu <<http://slovník-cizich-slov.abz.cz/web.php/slovo/komfort>>
- [2] Hes L., Sluka P.: Úvod do komfortu textilií. Skriptum Technická univerzita v Liberci – Fakulta textilní, 2005
- [3] Pakostová V.: Oděvní komfort. Věra Pakostová [online]. [cit. 5.5.2010] Dostupné na internetu <<http://pakostova.pellican.cz/publikace.php>>
- [4] Staňek D.: Diplomová práce - Hodnocení komfortu ochranných oděvů příslušníků jednotek PO za standardních a extrémních podmínek při zásahu. Technická univerzita Ostrava – Fakulta bezpečnostního inženýrství, 2008
- [5] ČSN EN 31092 (800819): Textilie - Zjišťování fyziologických vlastností - Měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám za stálých podmínek (zkouška pocení vyhřívanou destičkou) (ISO 11092: 1993). Praha: Český normalizační institut, 1996.
- [6] Škarda P.: Klimatizaci zefektivní i manekýn Hugo. Brněnský deník cz [online]. 2007 [cit. 5.5.2010] Dostupné na internetu <http://brnensky.denik.cz/zpravy_region/klimatizace_tiskovka_vut_brno_.html>
- [7] Interní norma č. 23-304-01/01: Stanovení termofyziologických vlastností textilií. Výzkumné centrum Textil LN00B090 Technická univerzita v Liberci, 2004
- [8] Interní norma č. 23-303-01/01: Zjišťování stupně vlhkostní jímavosti textilií. Výzkumné centrum Textil LN00B090 Technická univerzita v Liberci, 2003
- [9] Jak na systém vrstveného oblékání. B-SHOP [online]. [cit. 5.5.2010] Dostupné na internetu <<http://www.b-shop.cz/vrstvy-obleceni.html>>
- [10] Militký J.: Textilní vlákna klasická a speciální. Skriptum. Technická univerzita v Liberci – Fakulta textilní, 2002
- [11] Staněk J.: Vláknenné suroviny, příze, nitě. Textilní zbožíznalství. Skriptum Technická univerzita v Liberci – Fakulta textilní, 2006

- [12] Saltman [online]. 2006 [cit. 5.5.2010] Dostupné na internetu
⟨<http://www.saltman.cz/saltman.php>⟩
- [13] Katalog přístrojů ALAMBETA a PERMETEST , výrobce SENSORA Liberec,
Česká Republika
- [14] Gajda V.: Základy statistiky v příkladech. Učební texty Pedagogické fakulty
Ostravské univerzity [online]. 2006 [cit. 5.5.2010] Dostupné na internetu
⟨<http://www1.osu.cz/home/gajda/Zaklady%20statistiky%20v%20prikladech.pdf>⟩
- [15] Chráska M.: Základy kvantitativního výzkumu. Metody pedagogického výzkumu.
Grada, 2007

5. Seznam příloh

Příloha 1

Tabulka hodnot výparného odporu a paropropustnosti naměřených přístrojem Permetest

Tabulka hodnot tepelné vodivosti, jímavosti a odporu za sucha naměřených přístrojem

Alambeta – bez úprav

Tabulka suché a ultra suché hmotnosti vzorků

Příloha 2

Tabulka hodnot tepelné vodivosti, jímavosti a odporu při pěti stupních zavlhčení naměřených přístrojem Alambeta

Příloha 3

Graf závislosti tepelné vodivosti na množství vlhkosti

Příloha 4

Graf závislosti tepelného odporu na množství vlhkosti

Příloha 5

Graf závislosti tepelné jímavosti na množství vlhkosti

Příloha 6

Tabulka subjektivního hodnocení tepelného omaku – body přidělené vzorkům

Příloha 7

Výpočet koeficientu konkordance mezi hodnotiteli

Příloha 8

Výpočet Spearmanova korelačního koeficientu

Příloha 9

Tabulka preferencí vzorků na spodní prádlo

Příloha 1

Tabulka hodnot výparného odporu a paropropustnosti naměřených přístrojem Permetest:

vzorek	R_{et} [Pa m ² /W]	CV	P[%]	CV
polyester	1,3	2,9	78,4	0,8
polyamid 109	1,7	12,8	72,7	3,4
polyamid 164	1,6	11,7	73,4	2,3
polyamid 135	1,6	5,6	73,6	1,7
bavlna A	1,9	5,6	67,6	2,2
bavlna B	2,1	6,1	68,4	2,6
merino+polyester	3,8	6,4	57,8	4,2
sója	3,3	3,4	60,6	9,2
bavlna+ocel	2,6	5	67,4	1,4

Tabulka hodnot tepelné vodivosti, jímavosti a odporu za sucha naměřených přístrojem Alambeta – bez úprav:

vzorek	λ	CV	R_{ct}	CV	b	CV	h	CV
polyester	52,8	1,6	10,5	2,8	143	1,5	0,56	1,8
polyamid 109	51,1	0,9	13,8	1,1	140	0,1	0,7	2
polyamid 164	61,4	1,3	7,6	1,3	233	1	0,47	0,8
polyamid 135	54,2	1,3	9,3	3,8	188	4,6	0,5	3,1
bavlna A	66,2	4,5	10,7	6,9	172	4,5	0,7	2,9
bavlna B	58,2	1	13,5	1,2	140	0,3	0,78	0,5
merino+polyester	44,4	1,1	23,2	0,5	100	2,2	1,03	1
sója	42,5	2,5	10,5	2,3	126	4,1	0,44	2,1
bavlna+ocel	46,2	1,9	15,9	2,4	82,5	14	0,73	1,5

Tabulka suché a ultra suché hmotnosti vzorků:

vzorek	suchá hmotnost[g]	ultra suchá hmotnost[g]	plošná hmotnost[g/m]
polyester	5,2	5,13	120
polyamid 109	5,13	4,97	109
polyamid 164	6,98	6,83	164
polyamid 135	5,85	5,66	135
bavlna A	7,47	7,15	170
bavlna B	6,86	6,51	170
merino+polyester	5,82	5,76	190
sója	2,65	2,46	116

bavlna+ocel

5,11

4,85

133

Příloha 2

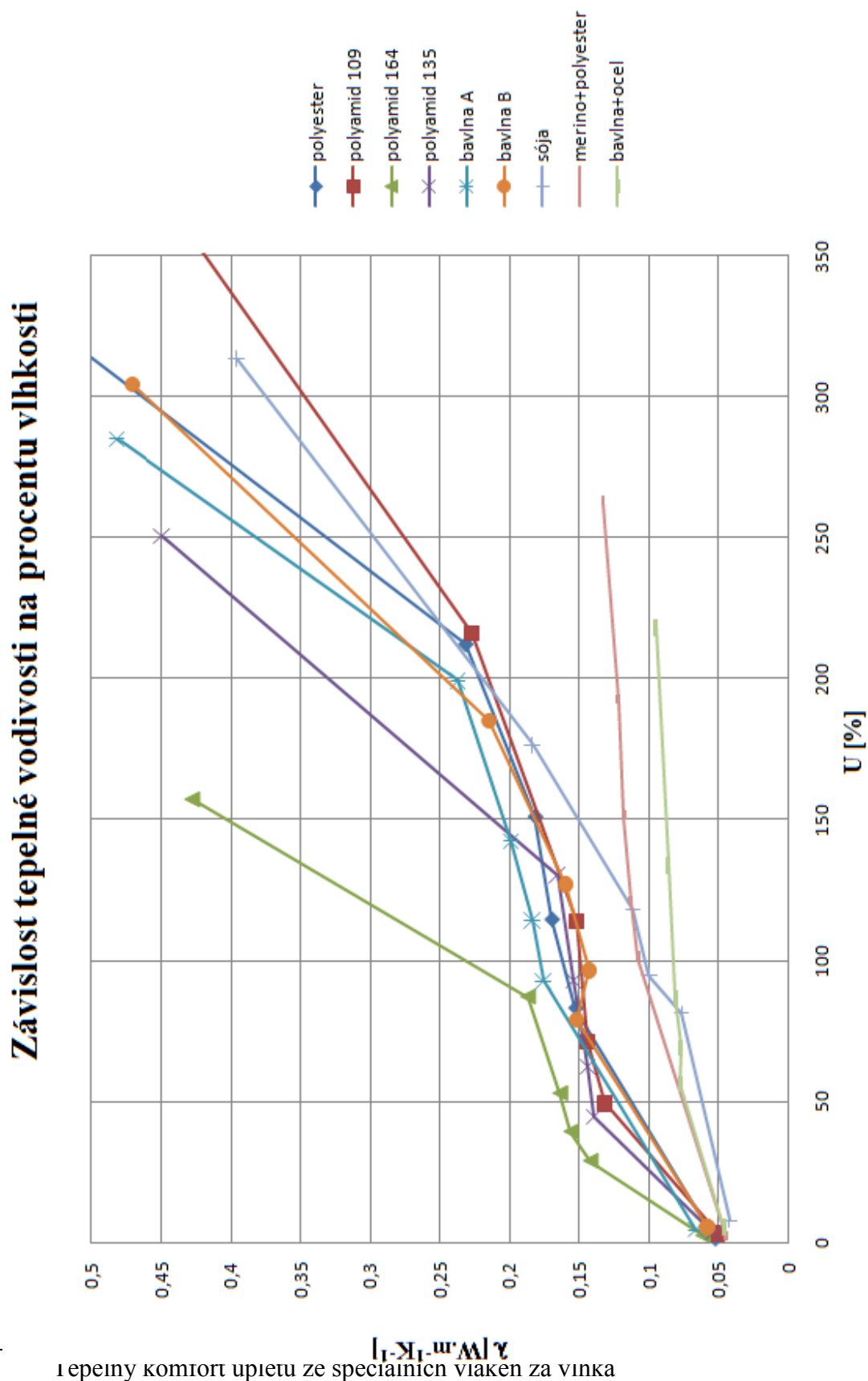
Tabulka hodnot tepelné vodivosti, jímavosti a odporu při pěti stupních zavlhčení naměřených přístrojem Alambeta – upravené jednotky

stupně zavlhčení	$\lambda[\text{W.m}^{-1}\text{K}^{-1}]$	$R_{ct}[\text{m}^2 \text{K/W}]$	$b[\text{W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}]$	$h[\text{mm}]$	$m[\text{g}]$	$U [\%]$
polyester						
1.	0,591	0,0010	1000	0,57	22,95	347,36
2.	0,232	0,0025	1000	0,58	16	211,89
3.	0,182	0,0031	922	0,57	12,87	150,87
4.	0,17	0,0034	782	0,58	11	114,42
5.	0,153	0,0037	621	0,57	9,39	83,04
0.	0,0528	0,0105	143	0,56	5,2	1,36
polyamid 109						
1.	0,501	0,0014	1000	0,7	25,22	407,44
2.	0,227	0,0032	1000	0,73	15,7	215,89
3.	0,152	0,0047	517	0,71	10,63	113,88
4.	0,144	0,0050	484	0,72	8,5	71,02
5.	0,132	0,0055	387	0,73	7,42	49,29
0.	0,0511	0,0138	140	0,7	5,13	3,21
polyamid 164						
1.	0,428	0,0010	1000	0,44	17,55	156,95
2.	0,187	0,0024	1000	0,46	12,77	86,96
3.	0,164	0,0029	813	0,47	10,43	52,70
4.	0,156	0,0030	749	0,47	9,5	39,09
5.	0,142	0,0033	680	0,46	8,79	28,69
0.	0,0614	0,0076	233	0,47	6,98	2,19
polyamid 135						
1.	0,45	0,0010	1000	0,44	19,83	250,35
2.	0,166	0,0030	883	0,5	13,03	130,21
3.	0,154	0,0032	740	0,5	10,92	92,93
4.	0,144	0,0035	646	0,5	9,18	62,19
5.	0,14	0,0035	638	0,48	8,18	44,52
0.	0,0542	0,0093	188	0,5	5,85	3,35
bavlna A						
1.	0,482	0,0013	1000	0,65	27,52	284,89
2.	0,237	0,0028	1000	0,66	21,39	199,16
3.	0,199	0,0034	934	0,67	17,32	142,23
4.	0,184	0,0036	838	0,66	15,31	114,12
5.	0,176	0,0037	745	0,66	13,77	92,58
0.	0,0662	0,0107	172	0,7	7,47	4,47
bavlna B						
1.	0,471	0,0014	1000	0,65	26,32	304,30
2.	0,215	0,0032	1000	0,69	18,54	184,79

3.	0,16	0,0044	728	0,71	14,77	126,88
4.	0,143	0,0047	593	0,68	12,79	96,46
5.	0,152	0,0045	560	0,69	11,66	79,10
0.	0,0582	0,0135	140	0,78	6,86	5,37
sója						
1.	0,396	0,0010	1000	0,4	10,17	313,41
2.	0,184	0,0024	1000	0,44	6,8	176,42
3.	0,112	0,0041	587	0,46	5,36	117,88
4.	0,1	0,0050	480	0,5	4,79	94,71
5.	0,0765	0,0090	297	0,69	4,46	81,30
0.	0,0425	0,0105	126	0,44	2,65	7,72
merino+polyester						
1.	0,133	0,0071	881	0,95	20,84	261,80
2.	0,122	0,0077	705	0,94	16,78	191,31
3.	0,118	0,0080	594	0,94	14,42	150,34
4.	0,113	0,0083	561	0,94	12,68	120,13
5.	0,108	0,0086	501	0,93	11,54	100,34
0.	0,0444	0,0232	100	1,03	5,82	1,04
bavlna+ocel						
1.	0,0953	0,0080	534	0,77	15,42	217,93
2.	0,0862	0,0087	367	0,75	11,33	133,60
3.	0,0811	0,0093	311	0,75	9,05	86,59
4.	0,0772	0,0097	271	0,75	8,19	68,86
5.	0,0779	0,0093	272	0,73	7,57	56,08
0.	0,0462	0,0159	82,5	0,73	5,11	5,36

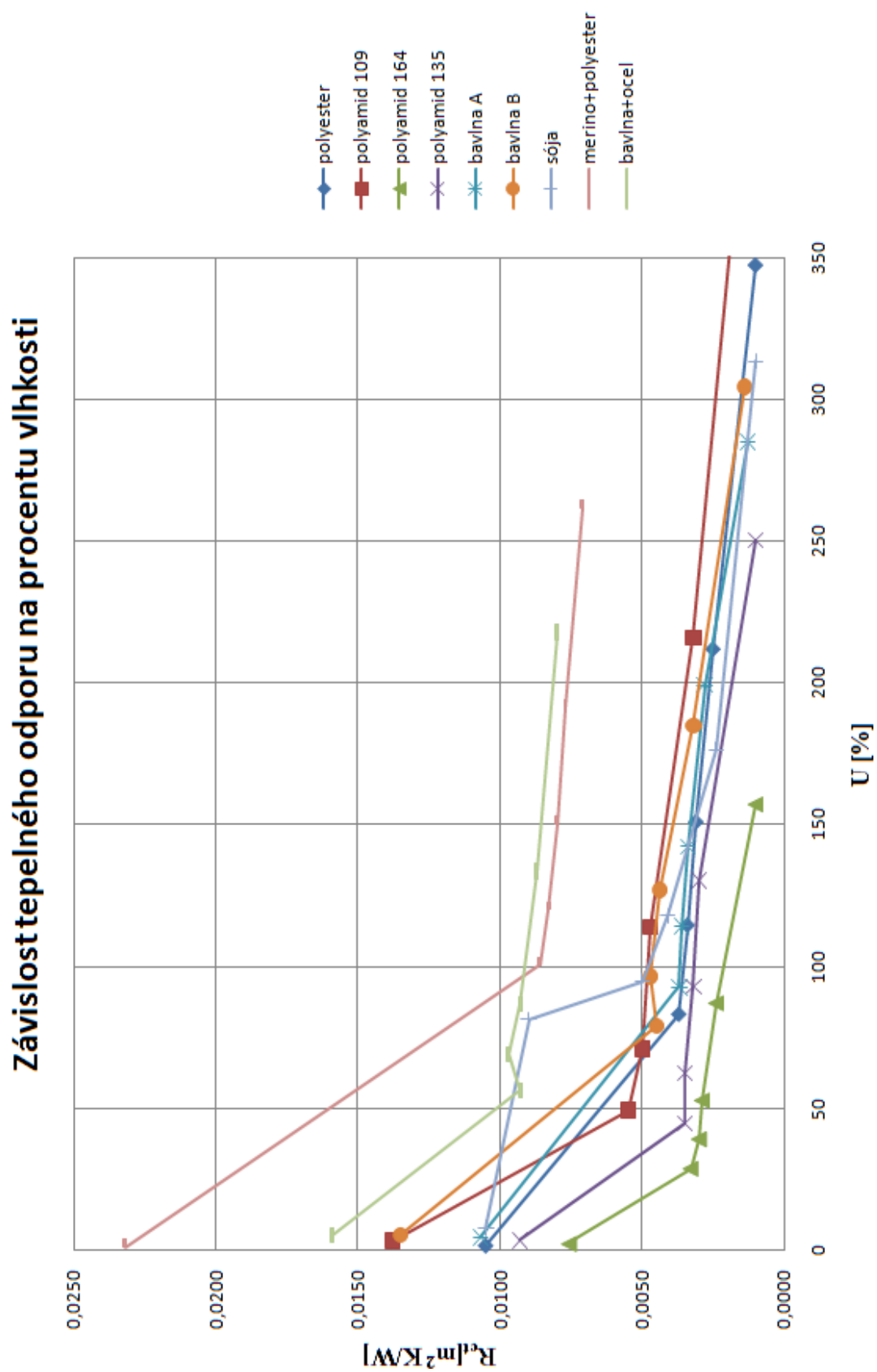
Příloha 3

Graf závislosti tepelné vodivosti na množství vlhkosti:



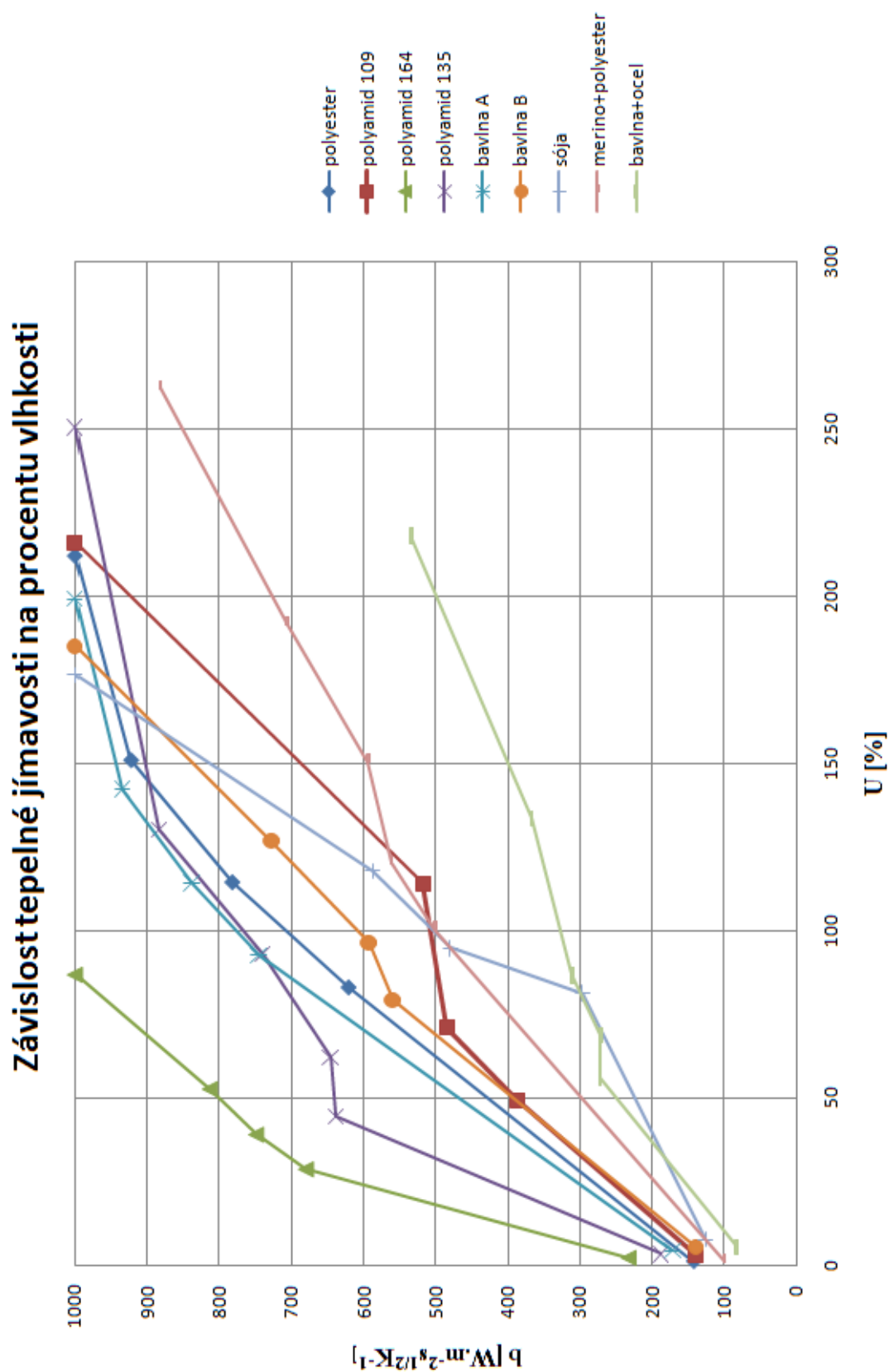
Příloha 4

Graf závislosti tepelného odporu na množství vlhkosti:



Příloha 5

Graf závislosti tepelné jímavosti na množství vlhkosti:



Příloha 6

Tabulka subjektivního hodnocení tepelného omaku – body přidělené vzorkům

hodnotitelé	polyamid 164	polyamid 135	bavlna A	polyester	bavlna B	polyamid 109	sója	merino+ polyester	bavlna +ocel
1	1	3	2	6	4	7	8	5	9
2	1	2	4	5	3	6	7	9	8
3	1	4	3	7	2	6	9	8	5
4	1	2	3	4	6	5	7	9	8
5	1	3	2	6	5	4	7	9	8
6	1	2	4	7	3	5	8	9	6
$\Sigma_j x_{ij}$	6	16	18	35	23	33	46	49	44

- Hodnota 1 – znamená, že hodnotitel umístil vzorek jako nejchladnější
- Hodnota 9 – vzorek byl umístěn hodnotitelem jako nejteplejší
- $\Sigma_j x_{ij}$ – součet všech přidělených pořadí danému vzorku

Příloha 7

Výpočet koeficientu konkordance mezi hodnotiteli:

$$w = \frac{12}{m^2(n^3 - n)} \sum_{j=1}^n (p_j - \bar{p})^2$$

p_j – suma pořadových koeficientů

\bar{p} – průměrný součet pořadových koeficientů

m – počet hodnotitelů

Hodno titel	polyamid 164	polyamid 135	bavlna A	polyester	bavlna B	polyamid 109	sója	merino+ polyester	bavlna +ocel
1	1	3	2	6	4	7	8	5	9
2	1	2	4	5	3	6	7	9	8
3	1	4	3	7	2	6	9	8	5
4	1	2	3	4	6	5	7	9	8
5	1	3	2	6	5	4	7	9	8
6	1	2	4	7	3	5	8	9	6
p_i	6	16	18	35	23	33	46	49	44
$p_i - \bar{p}$	-24	-14	-12	5	-7	3	16	19	14
$(p_i - \bar{p})^2$	576	196	144	25	49	9	256	361	196

$p=30$

$\sum(p_i - \bar{p})^2 = 1812$

$w=0,838$

Příloha 8

Výpočet Spearmanova korelačního koeficientu:

$$SPKK = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

 d_i – rozdíl pořadí párů

hodnotitel 0 – pořadí naměřených hodnot tepelné jímavosti

hodnotitel	polyamid 164	polyamid 135	bavlna A	polyester	bavlna B	polyamid 109	sója	merino+polyester	bavlna+oceľ
1	1	3	2	6	4	7	8	5	9
2	1	2	4	5	3	6	7	9	8
3	1	4	3	7	2	6	9	8	5
4	1	2	3	4	6	5	7	9	8
5	1	3	2	6	5	4	7	9	8
6	1	2	4	7	3	5	8	9	6
0	1	2	3	5	5	5	7	8	9

SPKK 1,0	di	0	1	-1	1	-1	2	1	-3	0
	di ²	0	1	1	1	1	4	1	9	0
SPKK 2,0	di	0	0	1	0	-2	1	0	1	-1
	di ²	0	0	1	0	4	1	0	1	1
SPKK 3,0	di	0	2	0	2	-3	1	2	0	-4
	di ²	0	4	0	4	9	1	4	0	16
SPKK 4,0	di	0	0	0	-1	1	0	0	1	-1
	di ²	0	0	0	1	1	0	0	1	1
SPKK 5,0	di	0	1	-1	1	0	-1	0	1	-1
	di ²	0	1	1	1	0	1	0	1	1
SPKK 6,0	di	0	0	1	2	-2	0	1	1	-3
	di ²	0	0	1	4	4	0	1	1	9

$\sum d_i^2$	$6 \sum d_i^2$	$n(n^2-1)$	SPKK
18	108	720	0,85
8	48	720	0,933333
38	228	720	0,683333
4	24	720	0,966667
6	36	720	0,95

20	120	720	0,833333
----	-----	-----	-----------------

Příloha 9

Tabulka preferencí vzorků na spodní prádlo:

hodnotitel	zima	léto
1	sója	merino+polyester
2	merino+polyester	polyester
3	sója	bavlna B
4	merino+polyester	bavlna A
5	merino+polyester	polyamid 135
6	merino+polyester	polyamid 135

Vzorek/tepelná jímavost	zima [počet hlasů]	léto[počet hlasů]
bavlna+ocel/82,5	0	0
merino+polyester/100	4	1
sója/126	2	0
polyamid 109/140	0	0
bavlna B/140	0	1
polyester/143	0	1
bavlna A/172	0	1
polyamid 135/188	0	2
polyamid 164/233	0	0